

A NÖVÉNYI MIKROSZERVEZETEK VÍZVIRÁGZÁSOS TÖMEG- PRODUKCIÓJÁNAK ÖSSZEFOGLALÓ VIZSGÁLATA

Írta: KISS ISTVÁN

A növényi mikroszervezetek tömeges felszaporodására vonatkozó vizsgálatok mind elméleti, mind gyakorlati szempontból jelentősek. A baktériumok és az alsóbbrendű gombák, valamint az algák közé sorolt zöld növényi mikroorganizmusok időnkénti hirtelen, »robbanásszerű« felszaporodása azt mutatja, hogy életműködésük lefolyása korántsem egyenletes, hanem a nagy fellendülések és a nyomukban következő visszaesések szélsőségei közt zajló. A hirtelen jelentkező felszaporodások a tömegprodukciók legfeltűnőbb formái. Külső és belső feltételeit már régóta kutatják, de még igen sok a tisztázatlan kérdés. A klorofillpigmenttel rendelkező növényi mikroszervezetek hirtelen fellépő tömegprodukciója eléggé gyakori és közismert jelenség. A tömeges felszaporodásnak a tápláló szubsztrátum minősége szerint három fő formáját szokás megkülönböztetni, éspedig: vízvirágzást, hóvirágzást és talajvirágzást. A *flos aquae* elnevezés figyelembevételé alapján a hóvirágzás megjelölésére a *flos glaciei*, a talajvirágzás megjelölésére pedig a *flos humi* kifejezést használtuk (17—18).

A felsorolt tömeges felszaporodási formák közelrokon jelenségek, szervezeteik is gyakran közelrokonok egymással, sőt ritka esetben azonosak is lehetnek. A hóvirágzás és a talajvirágzás szervezetei olykor a vízvirágzásalkotók között is szerepelhetnek. A felszaporodást előidéző folyamatok a hóvirágzás és a talajvirágzás szervezeteinél csak akkor következnek be, ha a hófelület kissé olvad, vagy ha a talaj felülete kissé nyirkos. A hóvirágzás lényegében a vízvirágzás szélsőséges formája, amelynek szervezetei már annyira a 0 °C körüli hőmérséklethez és a sószegény környezethez idomultak, hogy azt már nemcsak könnyedén elviselik vagy kedvelik, hanem többnyire igénylik is.

Az előbbi tömegprodukciós formák közül a következőkben csak a vízvirágzással foglalkozom, mint a plankton életének legfeltűnőbb megnyilatkozásával. A »vízvirágzás« kifejezés a mikroszervezetek tömeges felszaporodásának vizet színező sajátságából ered, s elsősorban LINNÉ nyomán terjedt el a szakirodalomban. HUBER-PESTALOZZI (12) és MESSIKOMMER (29) a vízvirágzások megjelölésére a »Plankton-Invasionen« kifejezést használják. Ez a tömegprodukció hirtelen »egycsapásra« való megjelenésére vonatkozik. RAPAICS (34) szerint a vízvirágzás »... olyan tömegjelenség, amely maga egész lefolyásában nagyon hasonlít a baktériumok vagy egyéb élősködők felszaporodásához, járványok idején. Talán van is a két tömegjelenség között bizonyos mélyebb párhuzam.«

A gyakorlati élet két szempontból indokolja a növényi mikroszervezetek vízvirágzásos tömegprodukcióinak tanulmányozását: a vizek vízvirágzásos »megromlása« elleni védekezés és a termelés fokozása szempontjából.

A vízvirágzások megjelenése régen is csapás volt, s manapság is nagy problémát jelent. A tavak felületén felszaporodott és bomlásnak induló alगतөmeg ugyanis nemcsak a közegészséget veszélyezteti, hanem a vizek ipari vagy halászati felhasználását is meggátolhatja.

A hidrobiológiában, főként LASZTOCSKIN és ZSAGYIN munkássága nyomán, a produktíósbiológiai irány került előtérbe; a vizek biológiai termelése centrális problémává vált (25, 45). Ma már nemcsak a természetes vizek növényi planktonhozadéka jelentős a gyakorlati élet számára — mint az »édesvízi tápláléklánc« első »láncszeme«, — hanem az a szervesanyagmennyiség is, amelyet az algák mesterséges »üzemi« körülmények között történő tenyésztése révén nyernek.

E két ellentétes gyakorlati vonatkozást a következőkben a maga történetiségében tekintjük át, majd a természetben előforduló vízvirágzások rendszeres tárgyalására térünk át.

A) A vízvirágzások »csapásszerű« fellépése

A klorofillpigmenttel rendelkező növényi mikroszervezeteknek a természetben bekövetkező felszaporodása ma még inkább mint elemi »csapás« szerepel. A vízvirágzásoknak a nagyobb tavakban mind gyakoribb fellépése korunk limnológiájának igen komoly problémájává vált. Ez annak a következménye, hogy a valamikor tisztavízű tavak eutrophizálódása megkezdődött. E kérdés annyira jelentős, hogy a X. Nemzetközi Limnológiai Kongresszus (Svájc, 1948) is sokat foglalkozott vele.

SEBESTYÉN (37) a Kongresszusról írt beszámolójában JAAG professzor előadásából a következőket említi: »Már a századforduló óta látható jelek mutatnak arra, hogy valami baj van. Több helyen fellépett és mind gyakoribb lett a vízvirágzás. Különösen az *Oscillatoria rubescens* nevű hasadó moszat szaporodott el annyira, hogy tömege feltűnő vörös bevonatot alkotott a vizek felszínén. A folyó- és állóvizek elgyomosodtak, a vizek mélyéről eltűnt az O_2 , az anaerob bomlástermékek megmérgezték a víz mélyét. Ennek a biológiai változásnak következtében sokfelé pusztult a halállomány. Manapság az Alpok peremtavai közül legalább egy tucat »beteg«, s másokban is jelek mutatnak arra, hogy közeleg a katasztrófa. E jelenségek felhívták a hatóság figyelmét és felkeltették a lakosság érdeklődését is. A vizek állapota közérdekű problémává fejlődött. Ezek a körülmények adták meg a jogot arra, hogy a Svájci Szövetséges Kormány meghívja még 1939-ben az Egyesület X. Közgyűlésének Svájcban való megtartására.«

A vízvirágzások gyakori és halmozódott fellépése azonban nemcsak korunk gazdasági problémája, hanem problémát jelentett már a középkorban, sőt még talán az ókorban is. Az irodalmi adatokból és a hagyományokból arra következtethetünk, hogy már régóta ismerik ezt a jelenséget és káros hatásaival is többé-kevésbé tisztában voltak.

A vízvirágzásra vonatkozó eddig legrégibbnek ismert tudományos jellegű és nyomtatott feljegyzés 1680-ból való. Egy gazdasági hivatalnok, STÄNTZL DE CRONFELS 1680-ban egy könyvet adott ki a halgazdaságról, s ebben a »megromlott« és »virágzásos« vizekről is megemlékezik. Munkáját eredeti szövegezés szerint O. SCHUBERT (36) az »Oesterreichische Fischerei Zeitung« c. folyóirat 1915. évfolyamában le is közölte »Ein altes Buch über Teichwirtschaft« címmel. Tudósításai szerint a halak nyáron csak akkor pusztulnak, »...ha igen száraz esztendő és igen nagy hőség van s csak mocsaras tavakban, amelyekbe friss víz nem folyik. A hőség lassan behatol a vízbe, felhevíti az iszapos feneket, amelynek párái a hőség segítségével megromlották a vizet, amit a halak, előljáróban a csukák, nem tudnak elviselni és elpusztulnak. A víznek ez a megromlása minden tóban a kánikula idejére esik, de egyikben nagyobb, a másikban kisebb mértékben; bennök a víz sűrű és zöld, amit a hozzáértők vízvirágzásnak tartanak s úgy is neveznek. Amely tavakon friss víz

folyik át s mozgásban tartja annak tükrét, azokban ez a vízvirágzás (Wasser-Blühung) kevesebbet árthat.» (10). A szövegből kitűnik, hogy már ez a régi, éles megfigyelőkészségű gazdasági hivatalnok is »hozzaértőkre« hivatkozik, vagyis a vízvirágzás problémája régebbi keletű. Hibás tehát az a felfogás, hogy a »vízvirágzás« kifejezés LINNÉ-tól származik. LINNÉ nagyon érdeklődött a halászat iránt is — mint JABLONOVSZKY (13) cikkéből kitűnik, — s így aligha vitatható, hogy a »flos aquae« kifejezést régebbi szerzőktől vagy a hagyományból vette át.

A vízvirágzásra vonatkozóan régebbi tudományos adat tudtommal még nem került elő. A vízvirágzás jelensége azonban nagyon feltűnő, ezért számos mondában szerepel. Legismertebb a »véres vizek«-ről szóló néphagyomány. Így pl. az Alpok havasi legelőin tavasszal keletkező, gyakran pirosodó vizű hólétócsákat a nép »vér-tavaknak« (Blutseen) nevezi. A piros színeződést bennük az *Euglena sanguinea* idézi elő. Csatornában vagy esővízgyűjtő kisebb medencékben megpirosodó esővíz adott alapot az ún. »véres eső« mondájának keletkezésére. Ez esetben többnyire a *Haematococcus pluvialis* szerepel mint színező tömegprodicens. E szervezet a néphit szerint az esővel kapcsolatos, mint a faji elnevezése is mutatja: *pluvialis*. Meg kell jegyeznünk azonban, hogy nem maga a leeső csapadék piros, hanem az esővíz később színesedik meg. Először, mint több esetben megállapíthattam, az esővíz felületén, vagy a medence alzatán vékony, sárgászöld hártya jelenik meg, amelyben a szervezetek még zöldek. Verőfényes időben, eső után néhány óra múlva egy centrális göcxből kiindulólág pirosodás indul meg, s a piros hámatokróm erősen termelődve hamarosan betölti és színezi az egész sejtet.

Hogy az Alpok peremtavainak mai leggyakoribb vízvirágzásalkotója, az *Oscillatoria rubescens* nemcsak a mai időkben jelent problémát tömeges megjelenésével, bizonyítja a »burgundi vér« középkori mondája is. A monda keletkezésére ugyanis ugyancsak az *Osc. rubescens* évszázadokkal ezelőtti megjelenése adott alapot. HUBER-PESTALOZZI (12) a monda eredetére vonatkozólag a következőket írja: »Die durch diese Alge hervorgerufene Rotfärbung wird in der Gegend des Murtnersees als „Burgunderblut“ bezeichnet, weil das Volk glaubte, dass sich auch diese Weise das Blut der in der Schlacht bei Murten (Burgunderkrieg, 1476) im See ums Leben gekommenen Burgunder zeige.«

Több adatból következtethető, hogy a vízvirágzás jelensége már az ókorban is ismeretes volt. GESSNER professzor (9) ókori írók megemlékezéseire utal: »Die rote Farbe. — hervorgerufen von der Blaualgengattung *Trichodesmium* —, die man in Küstengewässern warmer Meere mitunter antrifft, wird schon von antiken Schriftstellern (Pomponius Mela, Strabo) erwähnt und findet sich angeführt in den Schriften und Rieseberichten von Kapitän Cook, KOTZEBUE und DARWIN.«

Többen is rámutattak már arra, hogy az egyiptomi »csapások« között szereplő »véres« víz (első csapás: a Nilus vízének »vérré« válása) is a vízvirágzások ókori ismeretére enged következtetni. NÁDAY LAJOS (31) pl. a Természettudományi Közlöny 1913. évfolyamában a következő véleményt nyilvánította:

»Régén ismert tünemény a víz megszínesedése, hiszen a Mózes könyveiben említett hét bibliai csapás egyike a Nilus vízének »vérré« változása, mi apró lények roppant mérvű elszaporodásában leli egyetlen természetes magyarázatát. Manapság sem ritka a Nilus vízének erős zöld színeződése, melyet a növényi planktonelemek nagymérvű elszaporodása okoz.«

GESSNER (9) hasonlóan nyilatkozik 1955-ben. A »Rote Planktonfärbungen« c. problémánál idézi az erre vonatkozó régi szöveget (Mózes, II. 7:17, 18, 19), majd a következőket jegyzi meg: »Diese Bibelstelle lässt erkennen, dass rote Wasserfärbungen schon im Altertum bekannt waren, und wenn wir über einen Friedhof gehen, so können wir überall jenes biblische „Blut“ sehen in „den steinernen und hölzernen Gefässen.“ Der Erreger dieser Rötung ist in den meisten Fällen *Haematococcus pluvialis*. In seltenen Fällen (Waldfriedhof bei München) wurde auch *Stephanosphaera pluvialis* beobachtet. Der biblische Hinweis, dass das blutige Wasser stinkend wird, deutet darauf hin, dass auch Rotfärbungen durch *Purpurbakterien* beobachtet worden sind.«

Ha manapság katasztrófálisnak mondjuk a vizek eutrophisálódását és ennek nyomában a bioseston-színeződések mind gyakoribb megjelenését, akkor a vízvirágzások halmozódott fellépése az ókorban és a középkorban még fokozottabb mértékben jelenthetett csapást. Különösen vonatkozik

ez olyan száraz és meleg országokra mint Egyiptom, vagy a vele szomszédos területek. A csatornák, vízgyűjtők és itatók vizének vízvirágzásos »megromlása« miatt az ember is szenvedhetett a szomjúságtól, a jelenség országszerte jelentkező halmozódása pedig egész nyájak pusztulását eredményezhette. Természetes hát, hogy e jelenségek emléke nyomokat hagyott és megmaradt a nép gondolatvilágában. A bomló szervesanyagokat tartalmazó vizeket az állatok nálunk sem isszák meg.

B) Az egysejtű zöld növényi mikroszervezetek »iparosított« tömegtermelésének kérdése

Már több mint két évtizeddel ezelőtt többen is rámutattak arra, hogy az organikus anyag termelésének módja erősen elmaradt az ipar, illetve a technika fejlődése mögött. Nemcsak az élelmiszereknek és takarmányanyagoknak, hanem az ipar által felhasznált szerves anyagoknak is jelentős része a magasabbrendű (magvas) növények kultiválásából származik. A szervesanyagtermelés alapja ma még mindig a mezőgazdaság és az erdőgazdálkodás. Bizonyos, hogy a szervesanyagtermelés a jövőben fokozott mértékben kerül át a szintetikus kémiai ipar körébe, az élelmiszerek előállításának alapja azonban valószínűleg a jövőben is a mezőgazdasági termelés marad. A hagyományos formájú mezőgazdálkodás teljesítőképessége a jövőben még nagymértékben fokozódhat. A gépesítés növelése, az agrotechnika fejlesztése és a mindinkább jobb növényfajták előállítása nagymérvű haladást biztosíthat még, a szervesanyagtermelésnek biológiai úton való tömegtermelését, »iparosítását« azonban nem teszi lehetővé.

Több ízben hangoztatták, hogy *a növénytermesztés »iparszerűsítéséhez« merőben új irányra van szükség: a szárazföldi magasabbrendű növények helyett a vízi egysejtű növényeket kell beállítani az organikus anyagtermelés szolgálatába.* REINAU és KERTSCHER (35) 1925-ben közölték a gieshofi kísérleti intézet számításait, amely szerint egy ember egy évi táplálékszükségletét valamikor majd 125 négyzetméternyi terület termi meg, s az ennek megfelelő szervesanyagmennyiséget »iparosított« algatermeléssel három négyzetméteres vízfelületen sikerül majd előállítani. WARBURG (44) szerint e szervesanyagmennyiség termeléséhez öt négyzetméternyi vízfelület elegendő. A nannoplankton-szervezetek fénykihasználó képességére vonatkozóan WARBURG végzett alapvető jelentőségű vizsgálatokat. Megállapításai szerint *a zöld növényi mikroszervezetek jóval nagyobb mértékben képesek a fényt kihasználni, mint a magasabbrendű szárazföldi növények.* A napfényenergia hasznosítására vonatkozóan a következő adatokat közölték: A *külterjesen* termesztett növények napfénykihasználó képessége még a tizedszázalékot sem éri el. *Intenzív* körülmények között (pl. cukorrépa) a határfok eléri az egy százalékot, *öntözéses* gazdálkodásban a két százalékot. 3 %-os napfénykihasználást már csak a *víz kultúrázás* tesz lehetővé. A magasabbrendű növények a felületükre jutó napsugárzásnak kb. 75 %-át elnyelik ugyan, de ennek jórésze hőenergiává alakul át, s mint ilyen vagy a párologtatás energiaszükségletét fedezi, vagy pedig felhasználatlanul a környezetbe sugárzódik. A fotoszintézis alkalmával csupán 1—2 % kötődik meg. Ezekkel az

értékekkel állították szembe az egysejtű vízi növények produkciós képességét. Ha figyelembe vesszük, hogy az egysejtű növények naponta többször is osztódnak, s ezt folyamatosnak tételezzük fel, úgy a biomassza képzése valóban hatalmas értékeket érhet el: *egy hektárnyi vízfelület tömegprodukciója néhány órán belül az 1000 kilogrammot is meghaladja.* Viszont a búza közepes termés esetén (hektáronként 25 mázsa szemtermést és 35 mázsa szalmatermést számítva) egy hektáron napfényes óránként mindössze csak 4 kg-nyi szervesanyagot termel. A számadatok összevetéséből a szervesanyagtermelésbeli különbség igen nagyra adódik.

A magasabbrendű szárazföldi növények aránylag alacsony fénykihasználó képessége a test nagyfokú differenciáltságából és az életkörülmények, a levegőbeli környezet szélsőségeiből adódik. Nem tökéletlenebbek a plasztiszaik, hanem a differenciálódott test működése sok üzemi energiát igényel. A víz- és tápanyagszállítás hosszú úton folyik és olykor zavarokat szenved. A gyökér működése is energiát emészt, s ez is a fotoszintézis összeredményét csökkenti. Olykor a magas hőmérséklet csökkenti a fotoszintézis mértékét. A levélsejtek plasztiszaik egyébként sem kapják meg a levegőből azt a CO₂-mennyiséget, amelyet fel tudnának dolgozni. Az alacsonyabb hatásfokot szemléletesen magyarázza az az adat, hogy a magasabbrendű növényeknek egy kilogramm szárazanyag képzéséhez 300—600 liter vizet kell felvenniük és elpárologtatniuk. Az előbbi nehézségek az egysejtű növények életében nem mutatkoznak. Az alga a tápoldatban fürdik, nem kell a vizet és a tápsókat körülményesen felvennie, nem szenved a levegőbeli környezet szélsőségeitől. Ugyanakkor parányi méreténél fogva nagy felülettel tart kapcsolatot környezetével, s nagy felületen abszorbeálja a sokkal jobb feltételek között hasznosítható fényenergiát.

A vízi életszínhely (biotop) anyagprodukciója ma még a vízi életközösség ún. biológiai egyensúlyán, illetve a biotop *dinamikus egyensúlyán* alapszik. Az életközösségekben ún. tápláléklánc vagy élelmi láncolat alakul ki, amelynek számszerűségi viszonyai az ún. ELTON-féle »számok piramisa« szerint alakulnak. Az első láncszemben található a legtöbb szervezet, ezek képviselik a piramis alapját vagy legalsó lépcsőjét. Ez csakis a fotoszintetizáló egysejtű növények tömege lehet. Ezen alapszik a vízi életközösség élete. A következő láncszemet az algák egysejtű vagy többsejtű állati fogyasztói alkotják. Ezek száma is meglehetősen nagy, de jóval elmarad az algasejtek létszáma mögött. Az életközösség utolsó láncszeme kevés számú fogyasztóból áll, amelynek tagjai a náluknál kisebb, a láncolat előbbi láncszemeibe tartozó szervezeteket fogyasztják. Ezek állanak a »piramis« csúcán. Törvényszerűnek mutatkozik, hogy a szomszédos láncszemek között tízszeres-húszszoros különbség van. Valamely láncszem csakis így biztosíthatja az utánakövetkező részére a megfelelő mennyiségű táplálóanyagot. A vízi élet színhelyén így minden szervezetre szükség van a maga fogyasztója vagy ellensége, amely meggátolja, hogy az illető szervezet túlságosan felszaporodjék. Az életközösség tagjai kölcsönös viszonyosságban vannak egymással, de függnek a külső környezeti viszonyoktól is. A külső környezet változásával párhuzamosan az egyensúly is változik. MAUCHA REZSŐ (27) szerint minden vízi életteret úgy kell tekintenünk, mint »...törvényszerű összefüggésben felépülő magasabbrendű biológiai egységet, amely önálló egészet alkot.« Ebben az egységben az egyensúlyi helyzetet döntő mértékben a fényviszonyok irányítják. Ennek a viszonyoknak a feltárása MAUCHA REZSŐ nevéhez fűződik. (27).

A vízi életszínhely hasznosítása főként az utolsó »láncszem« felhasználásán alapul. Lényegesen nagyobb organikus anyagmennyiségek nyerhetők azonban akkor, ha nem a végső, hanem a közbeeső vagy éppen a legelső »láncszem« kerül felhasználásra. Az algák tömegének mennyisége legalább százszorta nagyobb. A korabeli irodalom összefoglalása alapján 1943-ban EREKV (4) a következőket írta: »...ha iparszerűleg akarunk algát tenyészteni, akkor meg kell találnunk a módját annak, hogy kis vízi életterekben milyen módszerekkel lehet a dinamikus egyensúlyt olyanformán eltolni, hogy az algák ellenségei ne tudják megakadályozni a tömegprodukciót. A talaj szántásához és vetéséhez hasonlóan elő kell készítenünk a kis vízi élettereket arra, hogy az algák egyoldalúan ki tudjanak tenyészteni és az üzem állandó ellenőrzésével kell gondoskodnunk arról, hogy az organikus anyagtermesztés folyamatát ne nyomják el az ún. gyom-növények.

Egy köbméter vízben az algák gyáriparszerűleg annyi organikus anyagot tudnak termelni, mint a szárazföldi növények 100—200 négyzetméterén. Az algákkal éppúgy tudunk fehérjét, szénhidrátot, olajat, gyógyszereket, vitamintartalmú növényeket és tápanyagokat termelni, mint a szárazföldi növényekkel. Az emberiség materiális sorsát — mint tudjuk — a találmányok és a technika fejlődése viszik előre. Ha az algákat sikerül befogni az emberi szükségletek kiszolgálásába, akkor ez az új találmány és ez az új technika oly gyors evolúciót vált ki a mezőgazdaság fejlődésében, mint amilyen a gőzgép feltalálása okozott az iparban. «Néhány évtizeddel ezelőtt azonban a szervesanyagtermelés ily irányba való kibővítését még nem értékelték. Az ipar sem szorult még rá arra, hogy a kutatók merőben új, hatalmas szervesanyagforrásokat tárjanak fel. A gondolatot fantasztikusnak is tartották — sokan megmosolyogták, — s így a zöld egysejtű növények továbbra is csak mint érdekes és vonzó tudományos objektumok kerültek a mikroszkóp lencséje alá.

A tömegproduktív vizsgálatok laboratóriumi körülmények között azonban állandóan folytatók. Különösen PRINGSHEIM professzor fáradozott sokat az algák tömeges felszaporítási körülményeinek feltárásában. Eredményei nyomán RETOVSKY, majd SPOEHR valósították meg az algák makrokultúrák tenyésztését, COOK, MEFFERT és STRATTMANN pedig az üzemi termelés kérdéseit dolgozzák ki. A kérdés állásáról BURLEW (2) munkája nyújt tájékoztatást. Hazánkban az említett új irányú algakísérletek az Állattenyésztési Kutatóintézet Takarmányozástani Osztályán indultak meg. A vizsgálatok hazai úttörői TANGL HARALD és MACHAY LÁSZLÓ.

A zöld egysejtű növények közül különösen a *Chlorococcales* (*Protococcales*) rendbe sorolt objektumok tenyésztethetők jól mesterséges tápoldatokban. Ezek közül is a *Chlorella* és a *Scenedesmus* fajok szaporíthatók a legkönnyebben. Erre már CHODAT is rámutatott (3). Az algák bizonyos mértékben igénytelenebbek a szárazföldi magasabbrendű (művelti) növényeinknél. Így pl. jóval alacsonyabb sókoncentrációval megelégszenek, mint a szárazföldi növények, s olyan anyagokat is értékesíteni tudnak, amilyenekre a magasabbrendűek képtelenek. A termést nem veszélyezteti az időjárás, s a »hozadék« igen jó minőségű. Az algasejt fehérjetartalma, s általában: plazmatartalma magasabb, mint a szárazföldi művelti növényeinké, mert a nagy centrális vakuolumuk többnyire nem fejlődnek ki. A *Chlorella vulgaris*-ból hazánkban már B₁₂ vitamint is sikerült izolálni. A zöld növényi mikroszervezetek rendkívüli változékonyak, s a táplálóközeg változtatása szerint a szervesanyag termelésük iránya is jelentősen befolyásolható. Az ásványi tápoldatok minősége szerint a sejt fehérjetermelése 50 %-ig, zsírtartalma pedig 20 %-ig fokozható. A jövő perspektíváit még nagymértékben szélesítheti az a lehetőség, hogy egyes kutatók szerint bizonyos algák a levegő molekuláris nitrogénjének megkötésére is képesek. Fogg (5) említi, hogy a *Cyanophytonok* közül 21 fajt tekintenek ilyennek (*Nostoc*, *Calothrix*, *Anabaena*, *Anabaenopsis*, *Cylindrospermum*, *Aulosira* stb.). A *Chlorophytonok* közül a *Chlorella* nitrogénkötő képességének problémáját ismét felvetették. A *Chlorella* N-kötése azonban kevésbé valószínű.

Hasonlóan jelentősek lehetnek azok az adatok is, amelyek szerint a kénhidrogén fotoredukciós hasítására egyes kékalgák és kovaalgák is képesek, s hogy a *Scenedesmus* sötétségben a megfelelő módon adagolt kénhidrogént a levegő oxigénjével reagáltatja, s az így felszabadított energia segítségével asszimilálja a széndioxidot. Az alga nemcsak mint organikus anyag, hanem mint állati takarmány és emberi táplálék is számításba vehető. Az algaételeket különösen Japánban karolták fel. A »Chlorella-leves« jó hatásáról több kísérlet is beszámol.

Két évtizeddel ezelőtt még csak lehetőségként emlegették, hogy egy köbméternyi vízben valamikor majd 500 gramm algát is lehet naponként termelni. Ennyit egy köbméter víz ugyanis tartalmazhat. Ma erről már mint valóságról beszélhetünk. A gyakorlati hasznosításnak azonban még csak a kezdetén vagyunk. A kutatás más egysejtű növényfélésekkel is folyik, s még nagy meglepetéseket hozhat. A planktonalkotó egysejtű algák között a természetben lényegesen nagyobb produktivitású szervezetek is előfordulnak azoknál, amelyeket eddig tömegtermelésre felhasználtak. A *Volvocales*-félék közül különösen a *Chlamydomonas* fajok, az *Euglenophytonok* közül pedig az *Euglena viridis* és az *Euglena polymorpha* tűnnek ki hatalmas tömegproduktív képességükkel. Ezeknek a laboratóriumi körülmények között történő tenyésztése lényegesen körülményesebb, mint a *Scenedesmus* vagy a *Chlorella* szaporítása.

C) A természetben leggyakrabban előforduló vízvirágzások vizsgálata

A természetben sokféle növényi mikroszervezet hozhat létre vízvirágzást, de e kifejezést a külföldi irodalom csak a *Cyanophytonok* tömegprodukcióinak megjelölésére használja. LINNÉ is kékalgafelszaporodást nevez vízvirágzásnak. Az újabb irodalomban LENZ munkája (26) is ebben az értelemben használja a vízvirágzás kifejezést. A hazai szerzők munkáiban már tágabb értelmezésben szerepel ez a megjelölés. KOL (22) már 1931-ben határozottan kimondja, hogy a neuston-jelenség is vízvirágzás.

A vízvirágzás elsősorban az édesvizek sajátossága. A kalciumban gazdag, eutroph-jellegű kisvizekre a legjellemzőbb. Vízvirágzás-szerű tömegprodukciós jelenségeket néhány esetben azonban a *tengerekből* is leírtak már. Pl. az Északi-tengerben a *Phaeocystis Pouchetii* nyálkás csomói jelennek meg olykor tömegesen, s barnásra színezik a tenger felületét. Az Adriai-tengerről a vízvirágzás egy különleges formája, az ún. »mare sporco« ismeretes. E színező bioseston-tömegben *Dinoflagellatumok* és a *Bacillariophyceae* képviselői szerepelnek tömegalkotókként (12).

A vízvirágzás hazánkban az Alföldön a leggyakoribb. Valószínű oka talán az, hogy a plankton életében nagymérvű változásokat előidéző, sekély és szennyezett kisvizek az Alföldön a leggyakoribbak. A folyóvizek vagy a nagyobb és mélyebb állóvizek csak ritkán alkalmasak vízvirágzások létrehozására. A vízvirágzások színe többféle lehet. A *Cyanophytonok* általában kékeszöld, almazöld, szürkés vagy kékes-szürke, az *Euglenophyta* képviselői többnyire zöld, a *Chlorophyceae* képviselői (*Volvocales*, *Chlorococcales*) fűzöld, a *Trachelomonas* fajok barna vagy barnászöld színeződéseket idéznek elő. Piros vízvirágzásairól az *Euglena sanguinea* a legnevezetesebb. Igen ritkán sárga vízvirágzás is található (22). A vizet színező planktonprodukciókat általában a növényi mikroszervezetek szókták előidézni. Elvértve azonban az állati plankton képviselői is létrehozhatnak vízvirágzás-szerű tömegjelenségeket. Pl. 1937 nyarán Csorvás határában észleltem egy halvány narancssárga tömegprodukciót, amelyet kizárólag alsóbbrendű planktonrákok mérhetetlen tömegben való felszaporodása idézett elő (14). Bioseston-színeződéseket olykor *Protozoonok* is kialakíthatnak. Az Amoebák szürkés hártját, a *Paramaeciumok* pedig tejszerű, fehéres foltokat létesíthetnek a kisebb vizek felületén.

A vízvirágzás jelentőségéről az irodalomban már számos közlemény található. 1930-tól kezdődően magam is több mint négyszáz vízvirágzást figyeltem, illetve vizsgáltam meg. A következőkben ezek felhasználásával kísérlem meg a vízvirágzások legjellemzőbb vonásait áttekinteni. Megvizsgáljuk a vízvirágzások kialakulásához szükséges időtartamot és a vízvirágzások élettartamát, a létrehozó fajokat és a cönológiai viszonyokat, a bioseston térbeli települését és quantitativ viszonyait, s végül a vízvirágzások létrejöttének feltételeire vonatkozó felfogásokat.

I. A vízvirágzás kialakulásához szükséges időtartam és a vízvirágzás élettartama

A vízvirágzásos tömegprodukciókkal foglalkozó legtöbb munka hangsúlyozza, hogy a vízvirágzások egyik legfeltűnőbb vonása a *gyors* megjelenés. RAPAICS (34) ez alapon a vízvirágzásokat a baktériumok járványos felszaporodásához hasonlította. Tapasztalataim szerint is a vízvirágzások túlnyomó többsége igen gyorsan, forrongásszerűen, szinte »robbanásszerűen« jelenik meg. Ilyenek általában az *Euglena viridis*, az *Euglena*

polymorpha, az *Eudorina elegans*, a *Chlamydomonas*-fajok, s általában a *Volvocales* rend képviselői által létrehozott vízvirágzások. Ezek valóban 1—2 nap alatt képesek a kisebb biotopok vizét teljesen színesre festeni. Az *Euglena* és a *Chlamydomonas* naponta többször is osztódik, illetve a *Chlamydomonas* rajzóképzése naponta 2—3-szor is végbemehet. Ez utóbbi folyamat alkalmával minden sejt rendszerint 16 rajzósejtté képez, amelyek igen gyorsan alakulnak ismét kifejtett vegetatív sejtekké. E szaporodási módnak is megvannak azonban a maga feltételei. A gyors szaporodás révén kialakuló vízvirágzásoktól elkülönítendő az az eset, amidőn a vizek felületi színeződését a víz mélyebb rétegeiben, vagy éppen az alzatok felhalmozódott szervezetek felültreemelkedése idézi elő. Ilyen alkalmakkor a víz színeződése 1—2 óra alatt bekövetkezhet. Néha a felemelkedő (»felrajzó«) szervezetek felhőszerű tömegei is láthatók, vagy a víz rétegeinek vizsgálatával megállapíthatók. Néha a plankton a víz profiljából egyszerűen csak a felszínre szüremkedik. Ilyenkor a felületen vékony, színes hártya alakul ki, s alatta a víz szintelen. A legtöbb gyorsan kialakuló vízvirágzásnál mind a gyors szaporodás, mind pedig a víztérből való felszínreemelkedés szerepet játszik.

A *lassan* kialakuló vízvirágzások a természetben ritkán észlelhetők. Létrehozóik rendszerint a *Chlorococcales* (*Protococcales*) rendbe tartoznak (*Chlorella*, *Scenedesmus*, *Oocystis*, *Ankistrodesmus* stb.). Ezeknél a fajoknál a bioestonszíneződés teljes kialakulása olykor 8—10—12 napot is igénybe vehet, sőt heteken át tarthat. Leggyakoribb a *Scenedesmus*, amely hol önállóan, hol más szervezetek társaságában színezi fokozatosan a vizet.

Több szerző hangsúlyozza, hogy a vízvirágzások rendszerint rövid élettartamúak. Tapasztalható, hogy az *Euglena*- és a *Chlamydomonas*-félék »virágzásai« néhány hétig színezik a vizet, majd a tömegprodukció vagy a víz felületén elöregedve meggyöngyösködik, vagy — ritkább esetben — a felületi szervezettömeg a víz mélyebb rétegeibe húzódik le. Ismeretesek valóban ephemer jelenségek is. Pl. SEBESTYÉN (37) a Balatonból olyan *Microcystis*-vízvirágzást közölt, amely csupán néhány óráig tartott. Ez esetben a vízfelszínre való gyors felszüremkedés és a gyors eltűnés nyilván a sejtek fajsúlyának csökkenésével, illetve növekedésével állhatott kapcsolatban, amelyet viszont a gázvakuólumokban képződő gáz mennyisége szabályoz. A rövidéletű vízvirágzások — vagyis a vízvirágzások többsége — rendszerint gyorsan alakulnak ki. Különösen vonatkozik ez a sekély kisvizek tömegprodukcióira. A kisebb biotopokban ugyanis a külső feltételek gyors változása következtében a dinamikus egyensúly is gyorsan változik. Megfigyelhető, hogy a víz mélyebb rétegeiből felszüremkedő szervezetek nemcsak a víz felületén, hanem 1—2 cm-es mélységben is még nagyobb tömegben találhatók, s így a víz felső rétege csaknem egyneműen színezett. A gyors felszínrevándorlás és ismét mélybehúzódnás egymás után többször is jelentkezhetnek.

Élettartam tekintetében a másik szélsőséget a hosszúéletű vízvirágzások képviselik. Ritkán észlelhetők. A hosszú élettartamot valószínűleg az teszi lehetővé, hogy a megtelepedő mikroszervezetek számára a biotop kémiai vagy fizikai szempontból igen kedvező feltételeket nyújt, s azok — rendszerint néhány faj — időszakonként változtatják egymást. A víz cserélődése, áramlása, állandó tápanyagutánpótlás, esetleg serkentő-

anyagok bekerülése, lehetnek elsősorban azok a tényezők, amelyek a vizek vegetációs színeződését olykor éven, vagy éveken át is lehetővé teszik. Hogy bizonyos *serkentőanyagoknak* is szerepük lehet, arra többjelből is következtethetünk. Igen sok esetben tapasztaltam, hogy pl. az *Euglena*-félék és rokonaik (*Lepocinclis*, *Phacus*, *Trachelomonas*) nagyon gyorsan szaporodnak akkor, ha a biotópba időnként trágyalé vagy vizelet jut. Hasonló az eredmény az esetben is, ha e szervezetek mesterséges táptalajához (pl. ásványi oldatos borsófőzet) juttatunk állati vizeletet vagy trágyalevet. Ez utóbbi anyagok kedvező hatása a *Volvocales* leggyakoribb képviselőinél (*Eudorina*, *Chlamydomonas*) is észlelhető volt. *Serkentőanyagokat alighanem maguk a mikroszervezetek is termelnek.* Az ásványi tápoldatba áttöltött sejtek eleinte ugyanis csak nagyon lassan szaporodnak. Az ásványi tápoldatban olykor csak akkor képesek megmaradni az *Euglena*-félék, ha nagyobb tömegben kerültek oda. Itt nyilván nemcsak az új környezethez való alkalmazkodásról van szó, hanem arról is, hogy a szervezeteknek először megfelelő serkentőanyagokat kell kitermelni, s ezáltal az új környezetet a szaporodásra alkalmassá tenni. *Bizonyos coenológiai jelenségek is csak úgy magyarázhatók, hogy az egyes fajok a vízbe jutó anyagi termékeikkel serkentőleg vagy gátlólag hatnak egymásra.* Ezekben az esetekben az anyagcseretermékek, mint gátlóanyagok (»inhibitorok«), nem szaporodhatnak fel a környezetben, mivel az egyes fajok egymást váltogatják.

Valóban hosszú ideig tartó vízvirágzást eddig csak két ízben találtam, mindkettőt Orosháza határában. Az egyiket 1934 őszétől 1938-ig a Kiszék nevű szikes biotópban folytatólagosan vizsgáltam. Ezt a békés megyei szikesek mikrovegetációjáról írt munkámban (14) már részletesen ismertettem. E vízvirágzás két életszakaszból állott, melyek között a tömegalkotó fajok kulminálása tekintetében lényeges különbség mutatkozott. Az *Aphanizomenon flos aquae* var. *Klebahnii*, bár kulminációs. eleje a nyár és az ősz, az első életszakaszban télen is kulminált, a második életszakaszban pedig ez a kulmináció nem következett be. A *Pteromonas angulosa* az első életszakaszban tavasszal jelentkezett legnagyobb tömegben, a másodikban pedig télen érte el maximális egyedszámát. Jellemző továbbá, hogy a tartós vízvirágzás fajokban rendkívül gazdag volt. Összesen 118-féle mikroszervezet fordult elő, amelyek közül a következő fajok mutatkoztak dominansaknak: *Aphanizomenon flos aquae* var. *Klebahnii*, *Pteromonas angulosa*, *Euglena sociabilis* és a *Trachelomonas crebea*. Jelentős volt még az *Euglena lepicinoides* is.

A másik hosszúéletű vízvirágzás az orosházi Malom-tóban jelentkezett. A tó viszonyai különlegesek voltak. Vízét az Energiaművekben hűtésre használták, ezért viszonylag meleg, s állandó áramlásban volt. Egy szűrővel ellátott csatornán át a vizet bevezették, egy másikon keresztül pedig a meleg, olykor 45 °C-os vizet közvetlenül engedték ki a tóba. Ennek következtében a víz a tóban állandóan cirkulált. A víz hőmérséklete a legtávolabbi részeken is 15—25 °C között ingadozott az évek folyamán. A folytonos áramlás, a viszonylag magas hőmérséklet és a városból bejutó szennyvíz következtében a tó az év nagyobbik részében vízvirágzásos színeződést mutatott. 1948-tól vizsgálva azt tapasztaltam, hogy tavasztól őszig a *Spirulina platensis* és a *Microcystis aeruginosa*, télen át pedig az *Euglena* és a *Volvocales*-félék uralkodnak. Az állandó színeződésnek az

áramlás jelentős tényezője lehet. Evvel hozható kapcsolatba az a rendkívül érdekes tény is, hogy a víz néhol még 1,5 m mélységben is jól észlelhető színeződést mutatott.

II. A vízvirágzásokat alkotó fajok és azok morfológiai változékonysága, a vízvirágzásokban fellépő coenológiai viszonyok

A vízvirágzásokat egy vagy több, illetve sok faj idézi elő. Az egyetlen faj felszaporodása révén létrejövő vízvirágzások rendszerint hirtelen, forrongásszerűen jelennek meg, s többnyire ugyanolyan gyorsan el is tűnnek. Legközismertebb ilyen fajok az *Euglena viridis*, *Euglena polymorpha*, *Aphanizomenon flos aquae*, *Microcystis aeruginosa*, *Anabaena flos aquae*, a *Chlamydomonas*-fajok általában, az *Eudorina elegans* és a *Volvox aureus*.

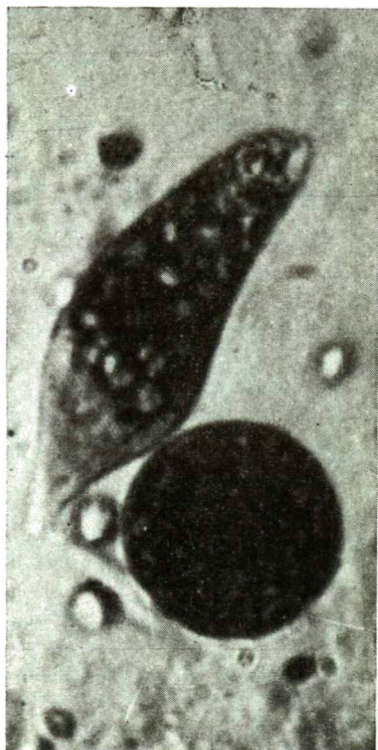
Kézenfekvő az a feltételezés, hogy ezek az egymagukban is felszaporodásra képes fajok a környezettel, elsősorban a tápláló szubsztrátum kémizmusával szemben specifikus igényeket támasztanak. Számos édesvízi planktónalkotóról ismeretes, hogy a víz bizonyos meghatározott szennyezettségi fokát bírja el, illetve igényli. Ez az igény azonban — legalábbis bizonyos fajok esetében — aligha lehet állandó jellegű, illetve abszolút mértékű. Az eddig több mint 400 vízvirágzás vizsgálatára alapján úgy látom, hogy több faj jelentékeny alkalmazkodási képességgel rendelkezik. Ilyenek különösen az *Eudorina elegans* és a *Volvox aureus*. Az *Eudorina elegans* többnyire erősen szennyezett és sötét iszapos vizekben alakít ki rendszerint vízvirágzásokat. Olykor azonban a tisztább vizekben is tömegesen felszaporodhat. A *Volvox*-félék általában a tisztább vizeket kedvelik. HEUSCHER és SCHRÖTER (12) 1895-ben az akkor még oligotroph-jellegű Zürichi tavon észlelték a *Volvox globator* hirtelen fellépését. A *Volvox aureus* magam is többnyire a kevésbé szennyezett kisvizekben találtam, néhány esetben azonban erősen szennyezett vizekben is hatalmas tömegtermeléseket hozott létre. A *Chlorococcales* rendből különösen a *Scenedesmus* szokott önálló vízvirágzásokat kialakítani. A *Chlorella* és az *Oocystis* a természetben ritkán alkot egyedül tömegtermeléseket.

Az önálló vízvirágzásalkotó fajok közül a következőkben néhány példát a saját vizsgálataimból mutatok be:

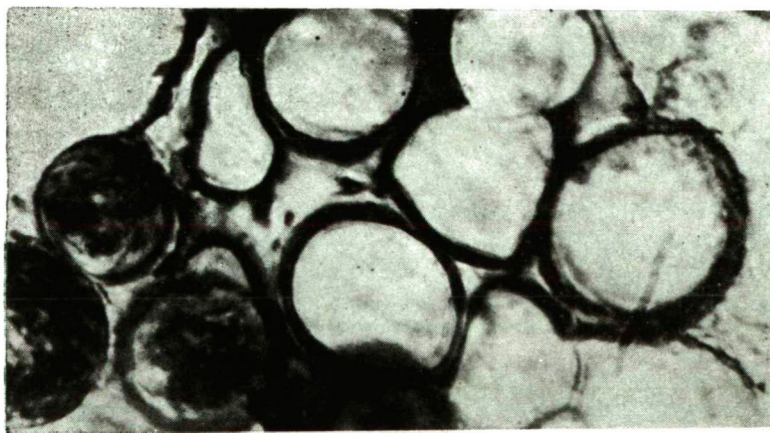
1. *Euglena viridis*. Az alföldi kis biotopokban ez alkot leggyakrabban tömegtermeléseket, amelyeknek élettartama 1—2 hét. A vízvirágzás korára a sejtek szerkezeti állapotából többnyire következtetni lehet. Az 1—2 napos, vagy kialakulásban lévő vízvirágzásokban a sejtek még fiatalok. Alakjuk jellegzetes, széles orsóalak, a plastisok szalagszerűek, s a sejtben csillagalakzatban rendeződnek, a paramylumok rövid botalakúak vagy rögszerűek, aprók és centrálisán helyezkednek el. Ilyenkor még rendszerint a pulsaló vacuolum is jól felismerhető. Az I. tábla 1. mikrofényképe fiatal egyedeket ábrázol. Idősebb állapotban — mint a 2. mikrofelvételen látható — a plastisok nem feltűnők, rendszerint feldarabolódtak vagy részben eltűntek, a paramylumok feltűnően nagyok, gömb- vagy tojásalakúak és erősen fénytörőek, nagy számban vannak jelen és rendszerint az egész sejtet kitöltik. Ilyenkor már a vacuolum sem különböztethető meg, s a stigma is gyakran eltűnik vagy szétdarabolódik. Idősebb



1



2



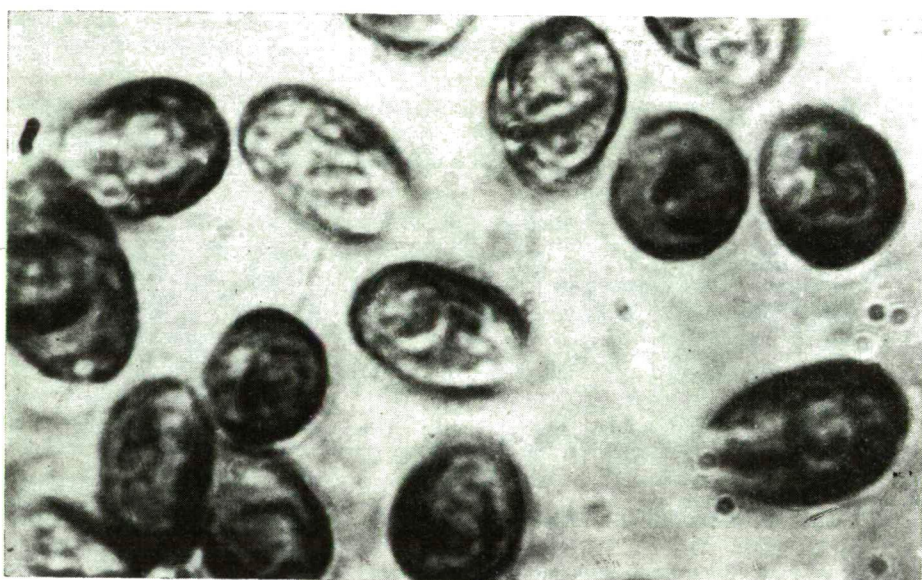
3

I. tábla:

1—2. Az *Euglena viridis* fejlődési állapotai egyazon vízvirágyásból. 1. Typusos forma a vízvirágyás kialakulásakor, 1600 : 1; 2. Elöregedett egyed a vízvirágyás megszűnése előtt 1000:1; 3. Az *Euglena polymorpha* neustonhártyájának egy részlete 600:1.



1



2

II. tábla:

1. A *Chlamydomonas intermedia* fiatal egyedei önálló vízvirágzásból,
2. Ugyanaz a faj idős vízvirágzásban, feltűnően granuált sejtekkel. 1—2 = 2100:1.

állapotban a sejtek olykor állandóan lekerekedett formájúak (2. kép), s a fény iránti érzékenységük is lényegesen csökken; fototaktikus kísérletekre nem alkalmasak.

2. *Euglena polymorpha*. A szennyezett nagyobb vizek jellegzetes vízvirágzásalkotója. Alakját és sejtszerkezetét nemcsak a kora szerint, hanem a környezet milyensége szerint is változtatni szokta. Olykor erősen metabolizál. Gyakori neustonalkotó. 1939 tavaszán az orosházi Kisszéknben hatalmas tömegprodukciója jelent meg (17, 18). A felszínreemelkedő szervezetek hamarosan neustont alkottak, amelyek vastagsága előregedett és összetorlódott állapotban a 1,5—2 cm-t is elérte. Az I. tábla 3. mikrofelvételén e faj egyrétegű, »fiatal« neustonja látható.

3. *Phacus trypanon*. Hazánkban első ízben fordul elő. Nevezetes azért is, mert a *Phacus*-félék önállóan csak igen ritkán szoktak vízvirágzásokat létrehozni. Eddig csak a *Phacus Wettsteini* és a *Phacus curvicauda* vízvirágzását észleltem (1933, illetve 1942). A *Phacus trypanon* a szegedi Cserepes sori tavon alkotott vízvirágzást (1952. július 15-én észleltem). A szikes szennyezett víz kb. 350 m²-nyi felületen zöld színeződést mutatott. Csak a felületen volt vékony hártya, alatta bioseston-színeződés nem volt észlelhető. A III. tábla 3. és 4. mikrofényképei a terméshelyről gyűjtött élő sejteket ábrázolnak. A sejtek 28—32 mikron hosszúak és 15—16 mikron szélesek. A paramylumok a sejtek két oldalán helyezkednek el.

4. *Chlamydomonas intermedia*. Az *Euglena viridis* után a leggyakoribb vízvirágzásalkotó faj. Rendszerint kora tavasztól nyár közepéig alkot nagy tömegprodukciókat. A II. tábla 1. mikrofényképe élő anyagról készült. E vízvirágzás a szegedi Ballagi tó sor egyik szikes biotopjában lépett fel 1951. májusában. A tojásalakú sejtek olykor gyengén görbültek (*fa. »lunata«*); legtöbbször a kissé oldalra tolódott pyrenoid és a sejt elülső részén a pulsalo vacuolum jól felismerhető. A 2. mikrofelvétel egy ugyan-csak Szegeden, 1952. márc. 17-én észlelt tömegprodukció élő anyagából készült. Ez esetben a vízvirágzás már idősebb lehetett, mert a sejtekben 1—2 mikronos granulumok találhatók. Ez már az idősebb állapot élettani károsodását jelenti. A pyrenoidok hasonlóan kissé oldalra tolódnak. A sejtek vagy rövid, vagy megnyúlt tojásalakúak. Ez is azt bizonyítja, hogy a vízvirágzásokban jelentős fokú változékonyság léphet fel. A III. tábla 1 mikrofelvételén jobboldalt egy sejtosztódás látható, a rajzóképzés kezdete. A kép baloldalán egy rajzósejt helyezkedik el. A 2. mikrofénykép egy zygotakezdeményt ábrázol.

5. *Ankistrodesmus convolutus*. Igen ritkán az *Ankistrodesmus* is létrehozhat önálló vízvirágzást. 1953. május 11-én a Ballagi tó egyik szikes biotopjában halványzöld színeződésű volt a víz. Április hónapban itt a *Chlamydomonas intermedia* vízvirágzása volt észlelhető. Ennek a nyomában lépett fel május folyamán az *Ankistrodesmus convolutus* önálló vízvirágzása. A sejtek nyálkaanyag által összetartott kisebb csoportokba egyesültek, ritkábban szabadon lebegtek a vízben. (IV. tábla 1 mikrofelvétel). E faj által egyedül létrehozott vízvirágzásról az irodalomban adatokat nem találtam.

6. *Ankistrodesmus Braunii* (?). A másik *Ankistrodesmus*-vízvirágzást Tápé határában észleltem 1953. szeptember 20-án. Az egyesével vagy kisebb csoportokban lebegő sejtek leginkább az *Ankistrodesmus Braunii*-vel azonosíthatók. A sejtek közepén hosszúkas, világos mező található,

mely utóbbi a IV. tábla 3. mikrofelvételén jól szemlélhető. Knop-ágáron tenyésztve a sejtek rövidebbek, zömökebbek, a BRUNNTHALER által (1) közzölt típushoz közelebb állnak. Ezek belsejében a világos mező kevésbé tűnik fel. Tenyészetben a sejtek gyorsan osztódnak. Mint a IV. tábla 2. mikrofényképén látható, az osztódás eredményeként spirálisan csavarodott sejtek keletkeznek. Ezek a rendszertanban szereplő *Ankistrodesmus spiralis* fajhoz nagyon hasonlítanak. E fiatal spirális sejtek — mint a képen is látható — még kisebb, gömbalakú részecskékre eshetnek szét.

7—8. Ugyancsak önálló vízvirágzásokat alkottak a *Kirchneriella lunaris* és az *Oocystis Marssonii* is, amelyekről azonban majd a vízvirágzásokban fellépő változékonyság jellemzésénél emlékezem meg.

9. A sejtek nagymérvű fragmentálódása által képződött részecskék tömegprodukciói. Végül érdemesnek tartom még megemlíteni azt a tapasztalatomat, hogy a vizek vegetációs színezésében olykor a sejtek nagymérvű fragmentálódásából származó termékek is résztvehetnek. Mivel ezekben az esetekben a sejtek széttágolódása jóval meghaladja azt a mértéket, amelyet az irodalom az illető fajok sejtjeinek szaporodásánál megjelöl, e jelenséget túlzottan nagyfokú szétdarabolódásnak, hyperfragmentációnak neveztem el. E jelenséget először 1937 tavaszán figyeltem meg Kőszeg határában. Ugyancsak vízvirágzásban találtam hasonló jelenséget Szegeden 1951 tavaszán (19), illetve 1953 őszén is (21). Előbbi a *Scenedesmus intermedius*, utóbbit a *Kirchneriella obesa* hozta létre. Előregedő tenyészetekben ez a jelenség igen gyakori (*Scenedesmus*, *Ankistrodesmus*, *Kirchneriella*, *Pediastrum*, *Chlamydomonas*, *Pteromonas* stb.), a természetben mint tömegprodukciós jelenség azonban eléggé ritka. Ennek ellenére 1956-ban és 1957-ben a Cserepes-sori szikes egyik különálló tavacskájában mint önálló vízvirágzásalkotó szerepelt. 1956 tavaszán a kénhidrogénnel szennyezett vízben 0,7—1,5 mikron átmérőjű zöld testecskék kezdték színezni a vizet. A jelenség hol eltűnt, hol ismét kiújult. Közben 1956 májusában egy *Chlamydomonas*-tömegprodukció is megjelent, amelynek szétesési termékei is hozzájárultak a víz vegetációs színeződéséhez. 1957 tavaszától egész nyáron át csak az említett kis részecskék szerepeltek a víz színező biocenózisban. E részecskék mibenlétének eldöntése eddig még nem sikerült. Első pillanatra *Chlorobacterium*oknak látszanak. Kétségtelen azonban, hogy zöldalga részecskék, az ún. autospóráknál jóval kisebb szaporító testecskék is jelen vannak, mert egyes próbák Knop-ágáron *Chlorococcales*-jellegű sejtek regenerációját mutatják. Sajátságos, hogy hígított Knop oldatokban ilyen folyamatok többnyire nem észlelhetők. Lehetséges, hogy klorobaktériumok is szerepelnek, vagy azok szétesési termékei. A jelenségről egy külön közleményben részletesen fogok beszámolni.

10. *Eudorina elegans*. E faj önállóan is és más fajokkal együtt is igen gyakran alkot vízvirágzásokat. A VI. tábla képei a Pusztaföldvárott 1936 nyarán megvizsgált tömegprodukciójából mutatnak be különböző állapotokat. Az 1. képen a kolónia fejlődésének legkezdetibb fázisa, a 2. képen pedig a kifejtett telep látható. A 3—4. képek a neuston különböző fejlettségi fokait ábrázolják.

A vízvirágzásokban fellépő változékonyság.

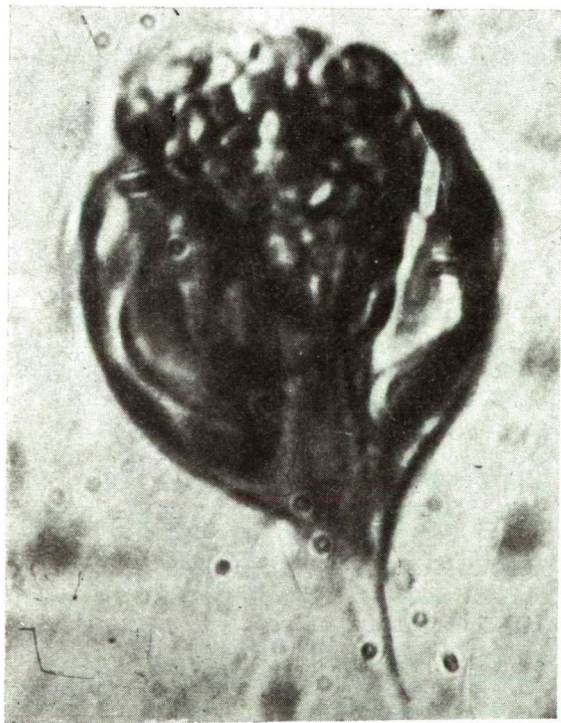
Az egyetlen faj által kialakított vízvirágzások esetében észlelhető legfeltűnőbben az a jelenség, hogy egyazon faj körében az egyedek olykor



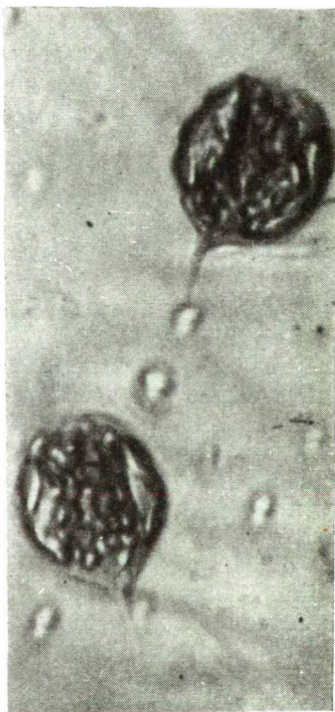
1



2



3



4

III. tábla

1. A *Chlamydomonas intermedia* rajzóképzését bevezető sejtosztódás 2000:1.
2. A *Chlamydomonas intermedia* fiatal zygota-állapota a gaméták egyesülése után 2100 : 1.
- 3—4. *Phacus trypanon* önálló vízvirágzásból. 3. = 3000:1, 4. = 1000 : 1.

igen nagymérvű morfológiai különbségeket mutathatnak. Ezek behatóbb tanulmányozása a természetben jelentkező változékonyság feltárása érdekében nagyon hasznos volna. Igen nagymérvű változékonyságot észleltem régebben a *Phacus Wettsteinii*, a *Trachelomonas granulata* és a *Lepocinclis fusiformis* esetében. A *Kirchneriella lunaris* és az *Oocystis Marssonii* változékonyságáról ez alkalommal számolok be.

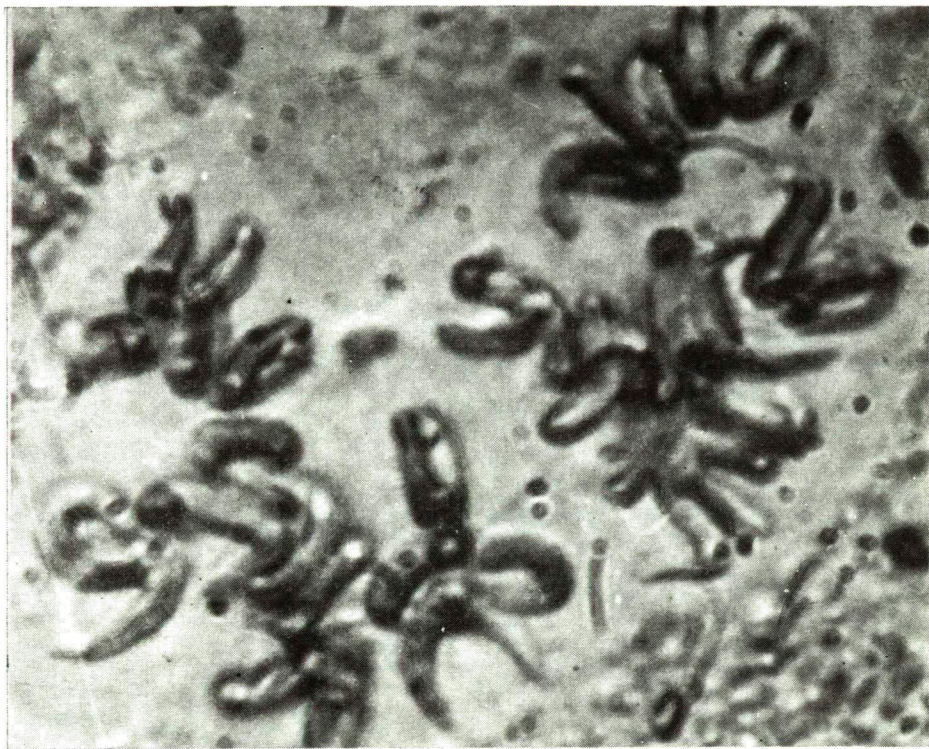
A *Kirchneriella lunaris* vízvirágzása a szegedi Cserepes-sori tó helyén levő mocsár egy kis vízfelületén egy *Chlamydomonas*-vízvirágzás nyomában volt észlelhető 1953. július 2-án. A víz felülete sárgászöld színeződésű volt. Az V. tábla 1. mikrofelvételén látható sejtek az élő biosestonról készültek. Jól látható, hogy az erősen ívelt, patkóalakú, jellegzetes formákat átmenetek kötik össze a gyengén ívelt, vagy már csaknem egyenes dactylococcoid formákkal. A kép jobb felső részében csak dactylococcoid formák láthatók. Közepükön világos folt, amely az ún. horpadásos fragmentáció kezdetének jele. Ebből kiindulólág a sejt hosszirányban átreselődik. A kiegyenesedésre hajlamos formák fellépését már a *Kirchneriellánál* kísérleti körülmények között is tanulmányoztam (21).

Ugyancsak egy *Chlamydomonas*-vízvirágzás nyomában lépett fel az *Oocystis Marssonii* tömegprodukciója is Szeged nyugati határában 1953. júniusában. Június elején az *Oocystis*nek még nyoma sem volt, jún. 22-én viszont már élénk fűzöld színű vízvirágzást alkotott kb. 200 m²-nyi vízfelületen. A sejtek, — mint az V. tábla 2. mikrofényképén látható, — többsével összetapadva jelentek meg. Gallertburok azonban nincs vagy csak nagyon jelentéktelen. A sejtek mindkét végükön többé-kevésbé kicsúcsosodók. A kép közepén levők megnyúltak, a balszáron viszont zömök, csaknem gömbalakú sejtek láthatók.

A több, illetve sok faj által létrehozott vízvirágzások coenológiai viszonyai

A planktonalkotó növényi mikroszervezetek coenológiai viszonyai még kevésbé tanulmányozottak. Hazánkban HORTOBÁGYI (11) foglalkozott e kérdéssel behatóbban. A tömeges felszaporodások coenológiája pedig mind tudományos, mind gyakorlati szempontból jelentős, új eredményeket hozhat. Itt különösen feltáratlan terület az a problémakör, amely a több, illetve sok faj által alkotott vízvirágzások tömegalkotóinak kulminációs jelenségeiből adódik. A külső abiotikus környezet hatásai mellett ugyanis a mikroszervezetek egymásra gyakorolt kölcsönhatása is jelentős lehet. Az évszakos fellépésnek az irányítói elsősorban az abiotikus tényezők, de annak megvalósulásában a szervezetek kölcsönhatása, azaz a biotikus tényezők is jelentősek lehetnek.

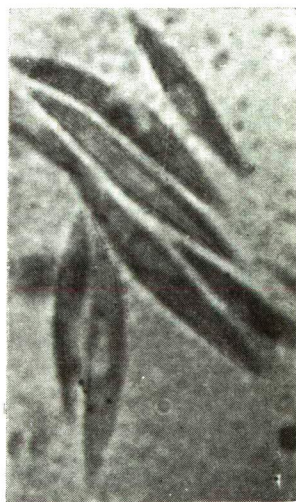
A szikesek mikrovegetációjának tanulmányozása során arra az eredményre jutottam, hogy az *Euglenophyton*ok többnyire nyár elején, a *Cyanophyton*ok nyár végén vagy ősszel, a *Chlorococcales* zöldalgák viszont ősszel szaporodnak fel jelentősebb egyedszámban. A már említett küsszéki vízvirágzásban azt találtam, hogy a zöld *Flagellatum*ok nyár végére erősen felszaporodnak, s más — ugyancsak nyári kulminációjú — szervezetek tömeges megjelenését gátolják. Pl. az *Eudorina elegans* nemcsak egyedül, hanem társulva is megjelenhet nyáron. Ha a tömegprodukensek nemcsak *Euglenophyton*ok, hanem más csoportbeliek is, akkor az



1



2



3

IV. tábla

1. Gallertburkos kolóniák az *Ankistrodesmus convolutus* önálló vízvirágzásából
1800 : 1,
2—3. Az *Ankistrodesmus Braunii* sejtszoportjai önálló vízvirágzásból, 2 = 1200 : 1,
3. = 1100 : 1.

Eudorina rendszerint érvényesül. Ha ellenben csak *Flagellatumok* és *Cyanophytonok* szerepelnék tömegalkotókként, akkor az *Eudorina* tömeges felszaporodása erősen mérséklődik vagy elmarad. A kisszéki viszonyokra vonatkozólag 1939-ben a következőket jegyeztem fel (14): »... az *Eudorina elegans* nyáron éri el kulminációját (Harangoskút); jelen esetben pedig tavaszi magas egyedszáma nyár felé folyton csökken. Lehetséges, hogy a nyáron fellépő, faj- és egyedszámban roppant gazdag *Flagellatae*-csoport nem engedi érvényesülni ezt az aránylag nagy és finomalkatú szervezetet.« Illetve: »... lehetséges, hogy a gyorsan szaporodó *Flagellatumok* és az *Aphanizomenon* gátló hatása az igazi ok.«

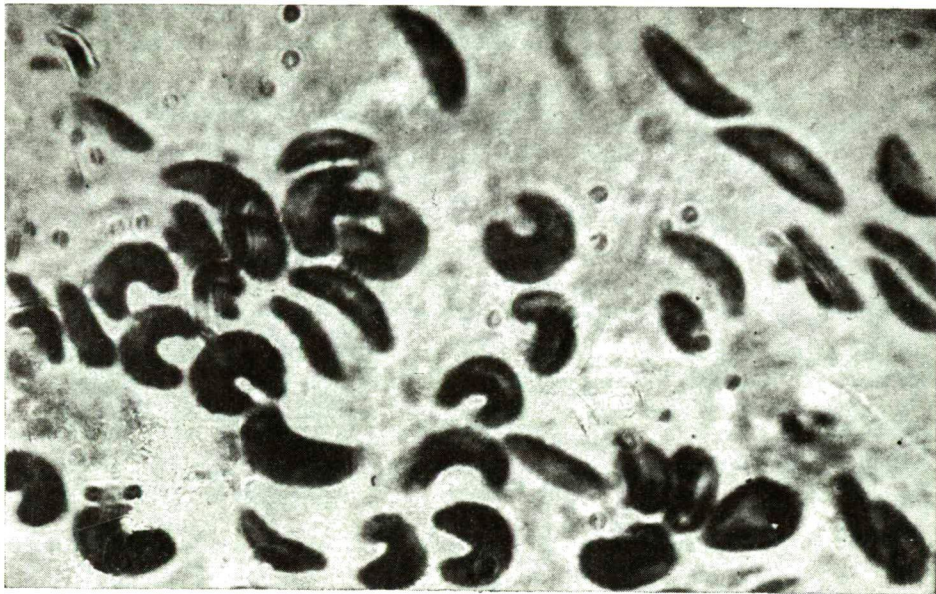
A több faj által létrehozott vízvirágzásoknak többféle typusa lehet. Néha csak 1—2 faj van jelen, legfeljebb a tömegjelenlétük változik, más esetekben viszont a fajok száma igen nagy, s az alkotók a legkülönbözőbb rendszertani kategóriákból adódnak. Általában az tapasztalható, hogy a sokféle faj közül néhány időnként előretör, s hosszabb ideig uralják a vízvirágzás jellegét.

A vízvirágzásokban olykor csak 2—3 faj szerepel. Gyakori együttesek: *Euglena polymorpha* és *Phacus longicauda* szennyezett vizekben, *Euglena polymorpha*, *Aphanizomenon flos aquae* és *Eudorina elegans* (utóbbi rendszerint kisebb egyedszámban), szennyezett szikes vizekben, a *Microcystis aeruginosa* és a *Botryococcus Braunii* kevésbé szennyezett szikesekben, a *Scenedesmus obliquus* vagy *Scenedesmus intermedius* a *Trachelomonas volvocinával* »állott« vízű öntözőmedencékben, stb. A társulásnak e meglehetősen gyakori formái valószínűleg nemcsak a külső abiotikus tényezők hatásán alapulnak, hanem beleszólnak ebbe a szervezetek kölcsönviszonyai, illetve fejlődési ritmusai is. Pl. a *Microcystis aeruginosa* és a *Botryococcus Braunii* nemcsak ősszel, hanem nyáron is alkothatnak tömegprodukciókat. SEBESTYÉN (37) pl. nyáron észlelte ezt az együttest a Balatonban. A víz kemizmusa sem látszik döntőnek, mert ősszel megjelenhetnek szikesekben (Gyopáros) és Holt-Tisza-ágakban (Szeged) egyaránt.

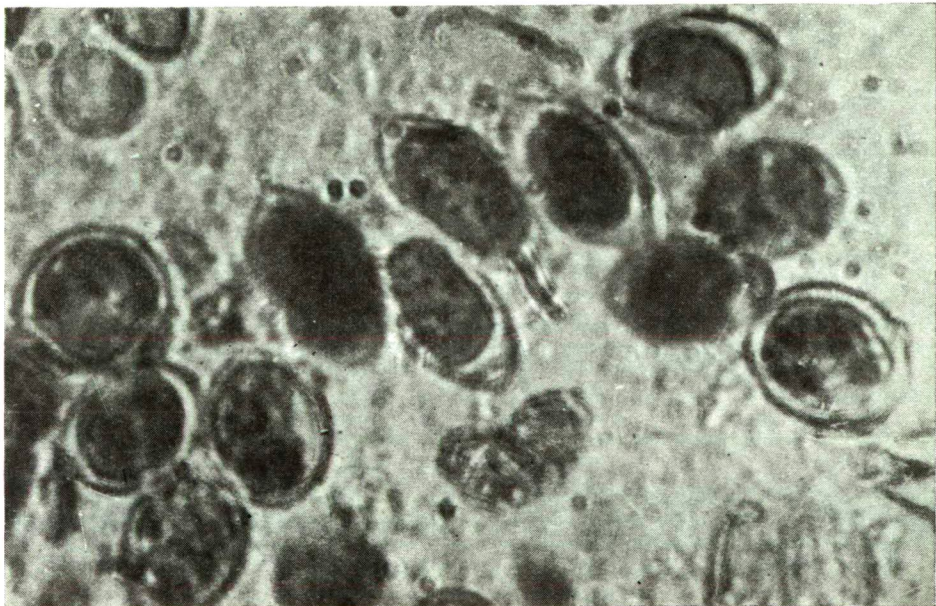
Olykor az is megtörténhetik, hogy a vízvirágzásokat alkotó fajok egymástól regionálisan vagy horizontálisan elkülönülnek. A szintbeli elkülönülésnek egy sajátosság esetét Kőszegről írtam le (16). Ez esetben a kb. egy méter mély biotop vize 15—20 cm mélységig biosestonszínéződést mutatott. A felületen és közvetlen alatta a *Scenedesmus quadricauda*, 3—4 cm-es mélységtől pedig az *Ankistrodesmus falcatus* volt nagyobb tömegben jelen. A horizontális tagolódást egy »klorobaktérium-vízvirágzásnál« figyeltem meg. A klorobaktériumok (?) az egész víztömeget egyenletesen világos almozöldre színezték, s ebben a *Chlamydomonas intermedia*, sötétebb zöld foltok formájában, az alzatról felfelé rajzó tömegeivel jelentkezett.

III. A bioseston térbeli települése és quantitativ viszonyai

A vízvirágzások külső megjelenését elsősorban a bioseston térbeli elhelyezkedése szabja meg. Ebből a szempontból a vízvirágzások plankton- és neuston-állapotáról beszélhetünk.



1



2

V. tábla

1. Formabeli változékonyság a *Kirchneriella lunaris* önálló vízvirágzásában 1100 : 1.
2. Az *Oocystis Marssonii* sejtszoportja önálló vízvirágzásból 2000 : 1.

1. A vízvirágzás plankton (planktogén-) állapota (*coloratio planktogenea*)

A szervezetek a vízben szabadon lebegnek, illetve a mozgásszerveikkel rendelkezők mozgási képességüket megtartják. Ennek következtében nemcsak a víz felülete, hanem annak mélyebb rétegei is színezettek.

Ez a forma általában kedvező környezeti feltételek között alakul ki, s a vegetációs színeződésnek egyben ez a leggyakoribb alakja. Kedvező környezeti feltételnek látszik a kémiai viszonyok mellett a víz áramlása, amely a víztömegek felfrissülését és oxigénnel való ellátottságát biztosítja. Az áramló vizek mindig mélyebb rétegekig mutatnak biosestonszíneződéseket, mint a nyugvók.

A szervezetek helyváltoztatása következtében a plankton-állapotnak különböző módosulásai lehetnek. Megkülönböztetésre érdemeseknek a következőket találtam:

a) A szervezetek a víz egész rétegét színezik, de az alzatra is vastag bevonat formájában települnek. Ez végeredményben átmeneti forma, amely vagy a szervezetek alzatra való településének kezdetét, vagy pedig az alzatról a »felrajzás« előrehaladottabb állapotát képviseli.

b) A szervezetek az alzatra telepsznek. Ha a víz mélyebb vagy zavaros, akkor ez a sedimentálódott szervezettömeg felülről nézve nem látszik, azaz a meglévő tömegprodukció rejtve marad. Számos esetben észleltem, hogy a vízvirágzás »megszűnése« vagy »eltűnése« a szervezetek alzatra való húzódásának következménye volt. Bizonyos körülmények között a mélybehúzódt szervezettömeg ismét a felszínre emelkedhetik, azaz a vízvirágzás ismét »megjelenik«. Ilyenkor az előzmények ismerete nélkül az a téves következtetés vonható le, hogy a vízvirágzás a mikroszervezetek gyors felszaporodása révén jött létre. Ezt a folyamatot a »szervezetek felrajzása« kifejezéssel jelöltem.

c) A szervezetek túlnyomó tömegben a felületre vándorolnak, s az így adódó biosestontömeg — mint tejszín a tejet — vastag, szirupszerű vagy tejszínszerű rétegben borítja a felületet. Vastagsága 0,5—1 cm is lehet. Alatta a víz csak sekélyen színezett.

2. A vízvirágzás neuston (neustogén-) állapota (*coloratio neustogenea*)

A víz felületén a vízvirágzásnak megfelelő színű, többé-kevésbé rugalmas, hártyszerű képződmény jelenik meg. Alatta a víz vagy színezett, vagy színezetlen.

A mikroszervezetek által létrehozott felületi hártát NAUMANN (30) 1917-ben *neuston*-nak nevezte el és a víz felületén kialakuló sajátos élőközösségnek tekintette, amelyet olyan szervezetek hoznak létre, amelyek a *vízfelületen találják sajátos életfeltételeiket*. Erre vonatkozólag NAUMANN (30) a következőket mondja:

»Es gibt somit oft in kleineren Gewässern — von den grösseren Teichen ab — ebenso wie im Litoral grösserer Gewässer nicht nur ein Plankton, sondern auch eine ganz eigenartige Biozönose der Wasseroberfläche, die eben in dem Oberflächenhäutchen selbst ihre eigentlichen Lebensbedingungen findet. Es scheint mir deshalb zweckmässig, jedenfalls für derartige Gewässer von der Oberfläche als einer besonderen Region zu sprechen.«

NAUMANN szerint a neuston-szervezetek közé tartoznak a szennyezett vizek különböző baktériumai, a purpurbaktériumok, a *Flagellatumok* közül az *Euglena viridis* és az *Euglena sanguinea*, valamint a *Chlamydomonas*-fajok. NAUMANN hangsúlyozza, hogy a neuston a planktonból alakul, s hogy a neuston a szaporodás színhelye. Az asszimilációnak is kedvezőbbek itt véleménye szerint a feltételei: »Das Leben in der Oberflächenregion gestaltet sich für diese Formen selbstverständlich weit mehr ökonomisch als im freien Wasser: Die Assimilationsbedingungen sind hier viel günstiger — ja bisweilen so gut dass wir möglicherweise bisweilen sogar von verschiedenen Schutzmitteln gegen Licht und Wärme sprechen können.« NAUMANN szerint a neuston-szervezetek ingerphysiológiai vizsgálatokra nagyon alkalmasak. A neustönhártyából a víz mozgása, vagy az esőverés által kiszabaduló szervezetek a mélybe húzódnak, s kedvező napos időben ismét a felületre kezdenek vándorolni. NAUMANN a mélybehúzódást a »geotaxis«, a felszínreemelkedést pedig a fototaxis segítségével próbálja magyarázni. Az említett taktikus mozgásokat elsősorban az *Euglena sanguinea* neustonjelenségeire vonatkoztatja. A neuston fogalmának megalkotásával NAUMANN utat nyitott a vízvirágzásalkotó szervezetek új szempontból való tanulmányozására.

Többen rámutattak már arra, hogy a vízfelületre került szervezet-tömeg kiemelkedik a vízből, illetve a levegő hatása alá kerül. Hogy a neuston szervezetei a hártyából kiemelkednek, VORONYIN (43) már 1880-ban kimutatta a *Chromulina Rosanoffii* esetében. KORSIKOV (24) 1926-ban közölte, hogy észlelései szerint a szervezetek csak kis mértékben emelkednek ki a felületi hártyából. PASCHER is erre az eredményre jutott 1942-ben. GEITLER (7) ugyancsak 1942-ben a neustonszervezeteknek két csoportját különbözteti meg: az epineuston és a hyponeuston szervezeit. Az előbbieket a felületi hártyán ülnek, és teljesen a levegőbe merülnek, s a vizet csak aljukkal érintik. A hyponeuston szervezetei submersus életmódot folytatnak, azaz a hártya alatt élnek, a hártyát csak felső részükkel érintik. VISCHER (42) 1943-ban megerősítette VORONYIN eredményeit.

A neustonképződés biológiai szerepének megvizsgálása előtt szólni kell a neuston formáiról és kialakulásának feltételeiről. A neuston szerepét másként megítélni nem lehet.

A neuston formái. A neuston élettartama alatt mennyiségi és minőségi változásokon mehet keresztül. Ennek alapján célszerűnek látom a következő formáit megkülönböztetni.

a) *Fiatal állapot.* A hártyásodás fénylő és eléggé rugalmas. Alatta a víz lehet színezett és színezetlen egyaránt. A vastagodó hártya alatt azonban a víz mindig mutat biosestonszíneződést. Alulról mind több és több szervezet csatlakozik a hártyásodáshoz, miáltal az folyton vastagszik. Ilyenkor a hártya felülete már csak tompán fénylő, alsó oldala pedig nyálkás. Rugalmassága is fokozatosan csökken.

b) *»Előregedett« neuston.* A vastagodással kapcsolatban a neuston folyton »öregszik«: rugalmassága csökken, színe fakulni kezd, s a szervezetek a felső részéből hiányoznak; vagy kikerültek onnan, vagy pedig elpusztultak. Az elpusztult biosestontömeg végül is sárgásbarna vagy barnás réteg alakjában fedi a víz felületét. A töredező kéreg vastagsága 0,5—1 cm is lehet.

c) *Habos neuston*. Gyakori, hogy a felületre került szervezetek az erős asszimilációs tevékenység folytán a kolloidális tömeget habossá alakítják. Néha csak foltokban jelentkezik.

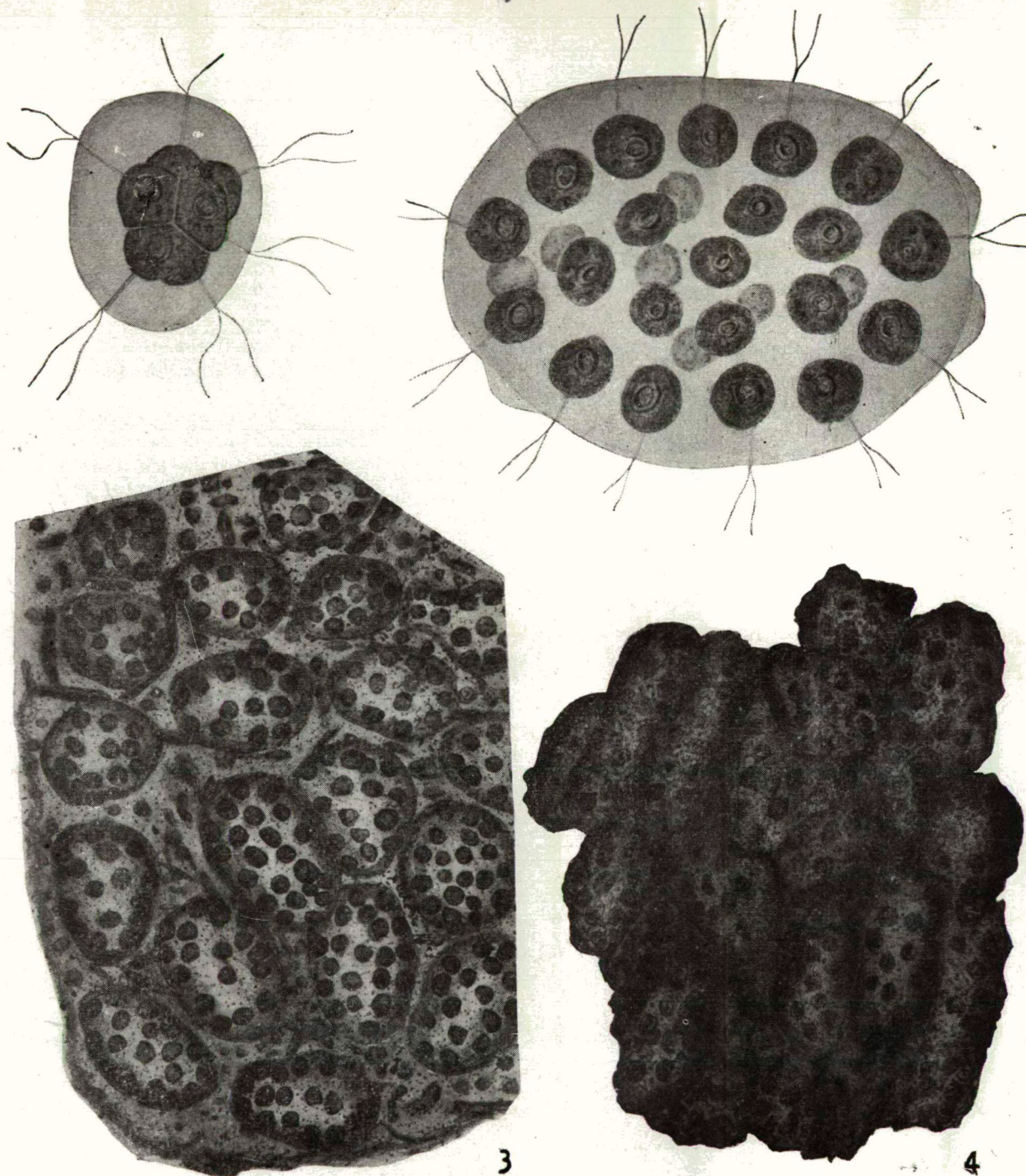
d) *Hólyagos vagy buborékos neuston-kéreg*. Előbbitől megkülönböztetendő. A kialakulásban levő rugalmas hártába — anaerob baktériumtevékenység következtében — gázbuborékok (főként CH_4) záródnak, s a megmerevedő hártáa hólyagos marad. A neuston torlódásos partravetett tömegeit, mint *aeoliomeandrop plankton*t, KOL E. írta le először a szegedi Cserepes-sori tóból. Hasonló partravetett tömegekről FOTT (6) is megemlékezik.

A neuston kialakulásának feltételei. Korábban (17) már megemlékeztem arról, hogy a neuston-jelenség kialakulásában a mikroszervezetek jelenlétén kívül valószínűleg még a következő külső feltételek is szerepelnek: nyálkaszerű kolloidális anyagok jelenléte, bizonyos kationok és a neustonképződést elősegítő időjárás.

A kolloidális anyagok kicsapódása az az elsődleges feltétel, amely a szervezetek hártábazáródását lehetővé teszi. A vizek felületén a szennyezettségtől függően mindig van bizonyos mennyiségű kolloidális állapotban lévő anyag. *A kolloidális anyagok legnagyobb részét azonban maguk a mikroorganizmusok termelik. A jellegzetes neustonszervezetek éppen azért alakíthatnak ki felületi hártásodást, mivel jelentős mennyiségű gallertanyagot termelnek. Az Euglena viridis, Euglena polymorpha, Euglena sanguinea, a Chlamydomonas-fajok, az Eudorina elegans, stb. erős fény és aerophytikus életkörülmények következtében jelentős mennyiségű gallertanyagot választhatnak ki. Az Euglena viridis »lekerekedését« és gallertburokba való záródását kísérletileg könnyen ki lehet váltani. A Chlorococcales rend tagjai gallertanyagot nagyobb mennyiségben nem termelnek, így nem, vagy csak igen ritkán alkotnak neuston-szerű jelenségeket.*

A kationok mennyisége és minősége a kolloidanyagok kicsapódásában, tehát a mikroszervezeteket magába záró hártáa képzésében lehetnek jelentősek. Az Orosháza-környéki szikesekben végzett több mint 7 éves vizsgálataim során a Gyopáros-fürdő tavában egyetlen neuston-jelenséget sem észleltem, ezzel szemben a tőle mindössze 2 km-re fekvő Kisszék tavában a neuston elég gyakori jelenség volt. Mindkét terület szikes jellegű, s bár nagyon közel fekszenek egymáshoz, a kémiai elemzés mégis jelentős különbségeket állapított meg közöttük. A Gyopáros vizét SCHULEK ELEMÉR (1925), a kisszékit pedig KOCSIS ENDRE (1936) elemezte. Ezek alapján a kationokban mutatkozó különbségeket a következő táblázat mutatja be:

Kationok mg-ban	Gyopáros (Schulek, 1925)	Kisszék (Kocsis, 1936)
Kálum	60,4	14,2
Nátrium	592,9	21,4
Kalcium	21,3	3,1
Magnézium	31,7	2,9
Alumínium	nyomokban	50,2
Ferro	0,2	—
Ammónium	—	—



3

4

VI. tábla:

Az *Eudorina elegans* különböző fejlődési állapotai azonos és önálló vízvirágzásból.

1. A telepfejlődés kezdete 1700 : 1,

2. Kifejlett kolonia 1000 : 1,

3. A neustonképzés kezdete 230 : 1.

4. Előregedett neuston-kéreg egy részlete elpusztult kolóniákkal 230 : 1.

A Gyopáros vizében tehát a Na^+ az uralgó szerepű, a Kisszéken viszont az alumínium szerepel túlságosan magas értékkel, ami felszíni vizeknél elég ritkának mondható. Lehetséges, hogy ez utóbbi körülmény is szerepet játszott a kisszéki hatalmas neustonjelenség (17) kialakulásánál. Ismeretes ugyanis, hogy a kationok koagulációs küszöbértéke a vegyérték növekedésével csökken, vagyis a magasabb vegyértékű kationok (mint az alumínium) erősebben koagulálnak. A nátriumnál jóval erősebben koagulál a kalcium és a magnézium, s még ezeknél is sokkal erősebben a háromvegyértékű vas és alumínium.

Az időjárás szerepét illetően két tényezőt kell figyelembe venni: a levegő viszonylagos páratartalmát és a levegő elektromos állapotát. Korábbi vizsgálataim során azt találtam (15, 17), hogy a neustonképződés többnyire a relatív páratartalom hirtelen csökkenésének időszakába esik. Ilyenkor a mikroszervezetek a felületen koncentráltabb környezetbe kerülhetnek, ami a kolloidok kicsapódását fokozhatja. A lélegelektromosság szerepe a kolloidfizikai jelenségekben ugyancsak jelentős. Régi tapasztalat, hogy időváltozás, vagyis eső előtt leverődik a füst, vagy felfelé szállva gyorsan »eloszlik«, s általában tisztább, pormentesebb a levegő. Ez azzal magyarázható, hogy a levegő elektromossága oly módon változik meg, hogy a levegőben szuszpendált alkotórészek töltését kisüti, ennek következtében azok kicsapódnak és leülepednek. Egyes közlések szerint ez a törvényszerűség a folyékony diszperz-rendszerekre is érvényesnek látszik.

A neuston-jelenségnek a mikroszervezetek életében betöltött szerepe aligha egyforma. NAUMANN hangsúlyozza az asszimiláció és a szaporodás kedvezőbb feltételeit. Kétségtelen, hogy a NAUMANN által említett *Euglena*-féléknél a neustonthártyában észlelhető sejtosztódás. A sejtek lekerekednek, hamarosan osztódnak, s az utódok az anyasejt által kiválasztott burokból eltávoznak. Az I. tábla 3. mikrofelvételén az *Euglena polymorpha* neustoniának egy darabkája látható. A kép jobboldalán a gallertburkok már üresek, kissé szögletesre is nyomódtak egymás mellett. Hasonlítanak a bélszöveti parenchymához. SZABADOS e képződményt — GYÖRFFY nyomán — »cystoparenchyma« néven különböztette meg (39).

A neustonréteg azonban egyes szervezeteknél határozottan pusztulás színhelye is. Az *Eudorina elegans* — mint számos esetben észleltem — hatalmas neuston-jelenségeket hozhat létre. A hártya olykor kéregszerűvé vastagodhatik. Az ezt alkotó szervezettömeg teljes mértékben deszorginálódik. A fiatal *Eudorina*-neuston kb. megegyezik az *Euglenáéval*, csak rendszerint a telepek nem illeszkednek olyan szorosan egymás mellé, mint az *Euglena* sejtjei. A VI. tábla 3. képe a Pusztaföldvárott vizsgált, erősen saturált vízben fellépő *Eudorina*-vízvirágzás neustoniát szemlélteti (1936). Jól látható, hogy a kolóniák között kisebb-nagyobb iszap-szemecskék és bomló törmelékanyagok is bekerülnek a neustonba. A 4. kép ugyanebből a tömegprodukcióból egy »előregedett« neuston-kérget mutat be. A kolóniák már szorosan összetömörültek és elpusztultak.

A neustonról tehát nem állítható, hogy általánosságban a szaporodás színhelye, s hogy a szaporodás érdekében jön létre. Az általánosítást a következő tények nem indokolják:

a) A neuston legtöbbször a már jelentősen felszaporodott szervezet-tömeg felszínreemelkedésével jön létre. A neuston nem maga hozza létre

a tömegprodukción, hanem a tömegprodukciónak csak bizonyos körülmények közötti megjelenési formája, állapota.

b) A hártýábazáródás legfontosabb előfeltétele az — mint láttuk —, hogy a felületen levő mikroszervezetek gallertanyagot válasszanak ki, amely, mint kolloidanyag, koagulálódik. Viszont a gallertanyag kiválasztása éppen a körülmények kedvezőtlenülé válására mutat, épp ez készíti a szervezetet a kiválasztására. A lekerekedés és nyugalmi állapotba való vonulás is azt jelenti, hogy a szervezet a környezettel való kapcsolatát beszűkíti.

Neuston azért keletkezik, mert a szervezetek a felületre törnek, ott gallertanyagot választanak ki, amely őket többé-kevésbé koagulációs hártýába zárja. Kérdés: mi az oka a felületre való vándorlásnak? A neustonformáció kialakulását a fokozott fényélvezetre való törekvéssel sem lehet indokolni, hiszen erősen napos időben — amikor a neuston rendszerint létrejön — a fény intenzitása jóval az optimális felett van. Az bizonyos, hogy a szervezetek a felületi hártýában nincsenek kitéve a plankton ragadozóinak, a levegő szárító hatása és esetleg a túlságosan erős fény azonban ugyancsak veszélyt jelenthet. Így a felfelétörekvés nyilván nem a ragadozók előli menekülést jelenti. A fényélvezetre való törekvés feltételezésével nem lehet megmagyarázni azt a tapasztalati tényt sem, hogy ugyanazon szervezet, pl. az *Euglena polymorpha*, egyik esetben fejlett neustont alkot, máskor viszont a víz mélyebb rétegeit is jelentékenyen színezve, eredeti planktonformáját tartja meg.

Hogy a neustont nem lehet általánosan a szaporodás színhelyének tekinteni, bizonyítják FOTT (6) vizsgálatai is. FOTT egy délcsehországi halastóból a *Characium ancora* hatalmas neuston-jelenségét írta le 1954-ben. Megállapította, hogy e faj zoospórái nagyon hasonlítanak a *Nautococcus*-ra, s a kiválasztott gallertanyagból az aljukon csészeszerű úszófelületet alakítanak ki. E zoospórák napokon keresztül óriási tömegekben jelentkeztek a tó felületén. A szél mindennap kivetette a nap folyamán alakult neustont, de az másnapra mindig újra kialakult. A neustonban szereplő sejtek állapotáról FOTT a következőket írja:

»... e felületi sejtek osztódását nem figyelhettem meg, sőt ellenkezőleg, minél tovább éltek a sejtek a neustonban, annál inkább a nem osztódó sejtek jellegét öltötték. Bőven tartalmaztak raktározott anyagokat, s fokozatosan vastag sejtfalat alakítottak ki, amely annak volt a bizonyossága, hogy e sejtek egy bizonyos ideig ebben az állapotban maradnak.«

»Nyilvánvaló volt — írja tovább FOTT —, hogy e sejtek a neustonban nem jelentenek tenyészési formát, hanem mindössze csupán egy fajnak az állapotát, amely alkalomszerűen, életének bizonyos korszakában a neustonban él.«

Az előbbieket szerint a neuston-kérdésben ellentmondások vannak: egyik esetben bekövetkezhethet szaporodás (*Euglena*), más esetekben nem (*Eudorina*, *Characium ancora*). Ez utóbbi fajoknál csak öregedési jelenségek észlelhetők. E problémával foglalkozva végül is arra a következtetésre jutottam, hogy az említett ellentét csak látszólagos, mert a neustonba való kerülés a szervezeteket gyorsabb fejlődésre készíti, s ennek eredményeként jelentkeznek mind a szaporodási, mind pedig az öregedési folyamatok. E kérdés kifejtésénél célszerűnek látszik a mikro-

szervezetek plankton-neuston állapotát a magasabbrendű növények növekedési-fejlődési viszonyával párhuzamba állítani. Hangsúlyozom, hogy nem azonosításról, hanem csak párhuzamba állításról van szó.

A növekedés és a fejlődés nem azonos folyamatok. Mind a növekedés, mind a fejlődés meghatározott külső feltételeket igényel. Mivel valamely időpontban a külső feltételek e kétféle folyamatra eltérően hatnak, a növekedés és a fejlődés üteme nem esik egybe, illetve a legtöbb esetben ellentétesen viszonyulnak egymáshoz. Ha erőteljes a növekedés, úgy lassú a fejlődés és fordítva. A magasabbrendű növényeknél ismeretes, hogy az egyoldalúan gyors fejlődés mindig a »kedvezőtlen« külső körülményeket tükrözi. E körülmények azonban csak a növekedésre kedvezőtlenek, a fejlődésre, azaz a szervezet életciklusának teljes befutására, kedvezőek. A növekedésre kedvező feltételek viszont, mint a gazdag talaj, sok nedvesség, stb., a fejlődést késleltetik, s végeredményben a reprodukció megkésését és arányosan gyengébb megvalósulását idézik elő. A pásztortáska (*Capsella*) a jó kerti földben nedves időjáráskor fél méternél is magasabbra nő, azonban hosszú ideig virágzik, viszont összetömődött (taposott) talajon alig néhány centiméternyi magas, gyorsan virágzik és rendes méretű becöketermést hoz. Az összetömődött talaj és a szárazság tehát a növekedést gátolja, viszont a fejlődés gyors ütemét kényszeríti ki.

A víztérben élő mikroszervezetek a neustonba kerülve és a kicsapódott kolloidhártyába rögzítődve ugyancsak extrém körülmények közé kerülnek, amelyek a vegetatív folyamatokat már gátolhatják (pl. a túl-erős napfény egyes szervezeteknél már mint káros »meddő« fényintenzitás szerepel), s ennek megfelelően a fejlődési folyamatok gyorsabb ütemét kényszerítik ki. A fejlődésnek ez a gyorsabb üteme egyes szervezeteknél a gallertburokban való osztódást (*Euglena polymorpha*, *E. sanguinea*), másoknál viszont az egyszerű öregedést: a plazma elzsírosodását, a tartós formába való átmenetelt vagy a szervezet pusztulását eredményezi.

Az öregedés jelenségét a mikroszervezeteknél eddig még kevésbé tanulmányozták. A baktériumok köréből ismeretes, hogy az átoltott tenyészetek öregedésével mindinkább nő az R-telepek száma, amelyek mind morfológiai, mind physiológiai szempontból különböznek az S-telepektől. Az öregedés a zöld növényi mikroszervezeteknél is jelentkezik, s nemcsak a sejt alaki és felépítettségbeli változásában mutatkozik meg, hanem élettani tekintetben is. Erre az *Euglena viridis* esetében már rámutattam. Az öregedést az életfeltételekben jelentkező szélsőségek gyorsítják, mint azt a neustonjelenségek esetében is láthatjuk.

A tömegprodukciók quantitatív viszonyai

A vízvirágzási formák quantitatív viszonyairól kevés adat szerepel az irodalomban. A mennyileges elemzés körülményes, mert valamely tömegprodukció által létrehozott »biomassa« közelítően csakis úgy határozható meg, ha a felületi bioseston mellett a mélyebb rétegek quantitatív viszonyait is figyelembe vesszük. Ez pedig nemcsak fajonként és időszakonként változik, hanem egyazon biotopban a szervezetek mozgása következtében is. Különösen a vertikális irányú mozgás idézhet elő a biotop egyes részeiben jelentős különbségeket, mivel a szervezetek időnként a víz mélyebb rétegeibe húzódnak le, vagy onnan »felhőszérű« tömegekbe verődve »felrajzanak«.

PLÜNECKE (33) egy *Volvocales*-vízvirágzásban a következő mennyi-
leges viszonyokat találta:

	1 cm ³ vízben db
<i>Gonium pectorale</i>	300—400
<i>Pandorina morum</i>	50— 80
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	20— 25

A következőkben néhány adatot saját vizsgálatomból közlök.

a) Plankton-állapotú vízvirágzások:

Sorszám	Species és a.vízv. színe	Biotóp, idő	1 cm ³ vízben db átlag
1.	<i>Euglena polymorpha</i> , élénk fűzöld	Pápa, 1942. okt. 10.	927
2.	<i>Euglena viridis</i> vil. zöld. felületi réteg	Pápa, 1942. okt. 10.	812
3.	<i>Euglena viridis</i> fűzöld felületi rétegből	Pápa, 1943. máj. 11.	1415
4.	<i>Eudorina elegans</i> sötétzöld felületi rétegből	Pusztaföldvár, 1943. júl. 17.	490
5.	<i>Chlamydomonas Reinhardi</i> világoszöld felületi rétegből	Pápa, 1944. máj. 12.	2750

b) Neuston-hártya quantitatív viszonyai:

Sorszám	Species	Biotóp, idő	1 mm ² -nyi felületen átlag
1.	<i>Euglena polymorpha</i> 1-rétegű neustonja	Pápa, 1944. jún. 5.	200— 300
2.	<i>Euglena viridis</i> 1-rétegű neustonja	Szeged, 1952. júl. 11.	400— 500
3.	<i>Eudorina elegans</i> 1-rétegű neustonja	Pusztaföldvár, 1956. júl. 17.	70— 80
4.	<i>Chlamydomonas intermedia</i> 1-rétegű neustonja		2000—2500

IV. A vízvirágzások létrejöttének feltételeire vonatkozó felfogások.

A vízvirágzás keletkezésének okára, illetve feltételeire vonatkozóan már több felfogás látott napvilágot. Az elméletek egyik iránya a víz tápanyagtartalmával hozza kapcsolatba a mikroszervezetek invázió-szerű megjelenését; mások az időjárási változások során fellépő szárazságban, ismét mások a csendes, meleg, napfényes időjárásban látják elsősorban a vízvirágzások megjelenésének feltételeit.

1. A *trophikus* hatásokat hangoztató felfogás a mikroszervezetek tömeges felszaporodását a víz szervetlen és szerves eredetű anyagainak felhalmozódásával magyarázza. Különösen a szerves szennyezőanyagok szerepének hangoztatása került az utóbbi időben előtérbe ama tapasztalatok alapján, hogy egyes, régebben oligotroph-jellegű tavak napjainkban mindinkább eutroph-jellegűekké válnak, s ennek következtében mind gyakoribbá lesz bennük a vízvirágzás. Elsősorban azok a nagy tavak »betegszenek meg« a vízvirágzások fellépésével, amelyeknek vizében a szervesanyagok mennyisége növekedik. Ez különösen a svájci tavakra vonatkozik.

HUBER-PESTALOZZI (12) hangsúlyozza a víz kémiai alkatának jelentőségét. Kiemeli NIPKOV vizsgálatait, aki a Zürichi tavon végzett kutatásai során összefüggést talált a partomlások és a mikroszervezetek invázió-szerű felszaporodása között. Az explosió-szerű felszaporodás annak a következménye, hogy a partomlások valósággal »trágyázzák« a vizet. HUBER-PESTALOZZI még a belső tényezők (szaporodóképesség, vitalitás) szerepét is hangoztatja:

»Während die beiden erwähnten Erscheinungen Veränderungen in den Außenfaktoren sind, kommt noch ein „Innenfaktor“ hinzu, der in der Natur der invahierenden Organismen selbst liegt: es sind Arten, die eine sehr rasche Fortpflanzungsgeschwindigkeit besitzen, so dass in kurzer Zeit mächtige Maxima entstehen, die so lange andauern, bis bestimmte wichtige Nährstoffe erschöpft sind, oder die thermischen Bedingungen nicht mehr zusagen, oder die vitale Kraft aus inneren Gründen (Alterserscheinungen) abnimmt.«

A szervesanyagtartalom mellett még a meleg időjárásra is találhatunk utalásokat. Így UHERKOVICH (41) a *Scenedesmus*, GELEI (8) pedig a mikrofauna felszaporodásánál tartja fontosnak a meleg időjárást. Az esővizek mikroszervezetekkel való betelepülését magam is hasonló körülmények között tapasztaltam. Úgy látom, hogy az *Euglena*-félék esetében a »trágyaanyagok« (pl. trágyalé) mint »minimum-tényezők« szerepelnek, mert anorganikus tápanyagokból a mészben gazdag alföldi kisvizek keletkezésüknél fogva eleget tartalmaznak.

2. A száraz időjárás szerepe. Már STÄNTZL DE CRONFELS hangoztatta a kánikulai hőség szerepét a halastavak vizének »megromlásánál«. A szárazság szerepét ma elsősorban a víz koncentrációjának emelkedésében látják, így közvetve ez a felfogás is a víz kémiai viszonyaira utal. A Van't Hoff-féle törvény, amely szerint az anorganikus vegyfolyamatok a hőmérséklet 10 fokonként történő emelkedésével két-háromszorosukra emelkednek, a növényélettanban nagyon korlátozott érvényességű. Az itt szereplő növényi mikroszervezetekre talán a legkevésbé érvényes, mivel nagyobb részük típusosan eurythermák.

3. A napfényes, szélcsendes időjárás szerepe. A napfényes és szélcsendes időjárás kedvező szerepéről már NAUMANN megemlékezett a newston létrejöttének magyarázásánál. LENZ (26) tovább általánosít, s nem-

csak a neuston-organizmusok szaporodása, hanem a *Cyanophytonok* tömegprodukciója szempontjából is döntő jelentőségűnek tekinti az említett időjárási állapotot. LENZ is a fény fokozottabb élvezetére vezeti vissza a szervezetek felszínreemelkedését.

NAUMANN és LENZ a szélcsendes, napfényes meleg időjárás szerepének hangoztatásával feltétlenül közelebb jutottak a valósághoz. A természetes tömegprodukciók saját megfigyeléseim szerint is ilyen időjárási körülmények között lépnek fel. A napfényes időjárás azonban nem okvetlenül fokozója a fotoszintézisnek. Vegetációs színeződés bekövetkezhetik borult, sőt esős időkben is, s a már felszaporodott szervezet-tömeg az éjszakai órákban is felszínre emelkedhet. Az erős napsugárzás — mint MAUCHA REZSŐ megállapította — különben sem szükséges a planktonszervezetek fotoszintéziséhez. A nannoplankton-producensek szervesanyagtermelése nem fokozódhatik korlátlanul a fényerősség növekedésével, sőt egy bizonyos határon túl csökkenni kezd. MAUCHA erre vonatkozólag a következőket írja (27):

»Több száz kísérleti adat alapján végzett számításaink arra az eredményre vezettek, hogy a termelés mértéke a fényerősség sinusával arányosan változik. Ezt tehát úgy írhatjuk fel, hogy

$$P = a \cdot \sin J$$

ahol P a termelés, vagyis az időegység alatt asszimilált széndioxid mennyisége, J a fényerő, az a pedig az arányosítási tényező, ami nem egyéb, mint a termelés szélső értéke (amplitudója) adott hőmérsékleten. Vizsgálataink eredménye szerint tehát a nannoplanktonnak nemcsak hőmérsékleti, hanem fényintenzitási optimuma is van, ami azt jelenti, hogy van egy olyan fényerősség, amelynél a nannoplankton szervesanyagtermelése ugyanazon körülmények között a legnagyobb.« MAUCHA vizsgálatai szerint »... ez a fényintenzitási optimum mesze lemarad a közvetlen napfény intenzitása mögött, mert az Budapest geográfiai szélessége alatt teljesen derült égnél nyáron a déli órákban kb. egyötöde, télen pedig fele a közvetlen napfény intenzitásának.

Az optimális fényintenzitásnál nagyobb fényerőt túloptimális fénynek nevezünk mindaddig, amíg az még szervesanyagtermelést képes kiváltani. Ha a fényintenzitás olyan erős, hogy a szervesanyagtermelést már gátolja, akkor meddő fényerősségről beszélünk.«

MAUCHA vizsgálatai szerint az 1—2 méter mély tavakban a nyári napforduló idején, amikor a napfény intenzitása a legnagyobb, a víz egész rétegében meddő fényintenzitás uralkodik. Ez a megállapítás még fokozottabb mértékben vonatkoztatható az egészen sekély, néhány deciméteres mélységű vizekre, amelyekben a vízvirágzások a leggyakoribbak. Annak ellenére, hogy a szennyezett, de jól átlátszó sekély kisvizek alján a fényintenzitás meddő, egyes *Euglenák*, *Chlamydomonasok*, az *Eudorina elegans*, a *Volvox aureus* stb. bizonyos időszakokban a vízben hirtelen felszaporodnak, vagy a felületre, a még erősebb, még meddőbb fényrégióba törnek, s ott vegetációs színeződést hoznak létre. Mindebből nyilvánvaló, hogy az asszimilációnál felhasználható fényintenzitásbeli különbség — figyelembe véve a különböző nannoplankton-fajok eltérő fényigényét, vagy a fejlődési állapotból adódó reagálásbeli eltérés lehetőségét is — a vízvirágzások kialakulásánál, a gyakran »robbanásszerűen« jelent-

kező mikroszervezet-invázióknál elsődleges vagy irányító szerepű nem lehet. Ennek ellenére tapasztalati tény, hogy a vízvirágzások kialakulása a legtöbb esetben a csendes, meleg, napfényes időjárás alkalmával következik be.

4. *A tömegprodukciók kialakulásának időjárási tényezőire vonatkozó vizsgálataim.* Kétségtelen, hogy mind a víz kémiai alkatára, illetve a tápanyaghatásra, mind a száraz időre, mind pedig a csendes, meleg és napfényes időjárásra vonatkozó felfogások tapasztalati tényekre hivatkoznak. Az a körülmény azonban, hogy a problémát egyik elmélet sem tudja maradéktalanul megoldani, arra mutat, hogy a tömeges felszaporodások esetében a környezeti tényezők komplex hatása szerepel. Számos környezeti tényező egyidejű összhatásában kell keresni a tömegprodukciók kialakulásának feltételeit. A külső környezeti hatások mellett azonban a belső feltételeket, a szervezetek élettani állapotát is figyelembe kell vennünk.

I. Belső feltételek:

1. Fejlődési ritmus, a nyugalmi és vegetációs időszakok váltakozása,
2. Az ivaros és ivartalan szaporodás fellépésének viszonya, e szaporodási módok váltakozása.

II. Külső feltételek:

1. A víz kémiai összetétele, megfelelő tápanyagok jelenléte,
2. Serkentőanyagok jelenléte,
3. Bizonyos időjárási tényezők, illetve légköri állapotok (szinoptikus helyzetek).

A légköri állapotokra vonatkozó vizsgálataimat egy időjárási néphagyományból kiindulva kb. huszonhét évvel ezelőtt kezdtem el. Eddig több mint négyszáz vízvirágzást és számos egyéb tömegprodukciós jelenséget vizsgáltam meg, s ezek közül több mint százat meteorobiológiailag is kielemeztem. Arra az eredményre jutottam, hogy *a mikroszervezetek tömegjelenségei az időjárás ciklonális (depressziós) jellegű helyzeteihez kapcsolódnak, illetve eső vagy zivatar előtt jelennek meg. Szinoptikus meteorológiailag ezek az időszakok többnyire tipusos praefrontális jellegűek, azaz közvetlenül a felsikló frontok átvonulása előtti időre esnek. Néha egyéb praefrontálisnak tekinthető légköri állapotok (szirokó, szabad főhn, illetve szubtrópusi légtömegek beáramlása) hordozzák az időjárási hatótényezőt.*

Az időjárás, illetve bizonyos időjárási helyzetek döntő szerepére a tömegprodukciók *halmozódásos* fellépése is következtetni enged. Azonos időpontban, egymástól távol, 50—100 km-re fekvő helyeken, a vízvirágzások nagyobb számban léphetnek fel. A nagy területekre egyidőben ható környezeti tényező pedig csakis a »legtágabb« környezetből, az atmoszférából eredhet. A konkrét hatótényező még ismeretlen. A felső légkör kutatása e téren is döntő jelentőségű, mert ez utóbbi hatásai irányítják a földfelszíni időjárást. Valószínű, hogy nem maguk az időjárási frontok hatnak az ún. »időérzékenység« különböző eseteiben — amelyekbe a növényi mikroszervezetek viselkedése is besorolható —, hanem a légkör által közvetített és módosított kozmikus faktorok, amelyek az említett időjárási helyzetek alkalmával jutnak el Földünk felszínére.

A Nemzetközi Geofizikai Év ezen a téren is előbbre viheti a megismerést.

Összefoglalva: A vízvirágzások fellépése nemcsak napjainkban gyakori jelenség, hanem a szennyeződő vizű tavakban és víztartókban már régente is elterjedt lehetett. Az ókorban és a középkorban a jelenség lényegét még nem ismerték, ezért különböző mondákat és legendákat fűztek hozzá.

A növényi mikroszervezetek néhány fajtát ma már nagyüzemi körülmények között is sikerrel tenyésztik, s az eddigi eredmények értékes takarmány- és tápanyagok merőben új módszerű termelésével biztatnak. A kísérletek mindinkább elszélesednek, s remélhető, hogy ezek nyomában számos vízvirágzást okozó növényi mikroszervezetet vonnak be az »iparosított« organikus anyagtermelés körébe. Ha ez az előbbieken ismertetett legnagyobb produktivitású szervezetek bevonásával is sikerül, akkor a régi és a mai idők egyik átka, természeti csapása, a termelés jelentős tényezőjévé válhatik.

Irodalom

- (1) *Brunnthaler, J.*: Protococcales. Pascher's Süßwasserflora, Jena 5 pp. 205, 1915.
- (2) *Burlew, J. S.*: Algal culture from laboratory to pilot plant. Carnegie Inst. of Washgt. 600, Washgt. D. C., 1953.
- (3) *Chodat, R.*: Scenedesmus étude de génétique, de systématique expérimentale et d'hydrobiologie. Aarau, 1926.
- (4) *Erekly, K.*: A vízi élettér és a mezőgazdasági forradalom. Kémikusok lapja IV, p. 168—173, 1943.
- (5) *Fogg, G. E.*: The metabolism of Algae. London pp. 149, 1953.
- (6) *Fott, B.*: Zajímavý případ neustonů a jeho význam pro produkci biologické rybníka. Preslia 26, p. 95—104, 1954.
- (7) *Geitler, L.*: Zur Kenntnis der Bewohner des Oberflächenhautschens einheimischer Gewässer. Biologie Generalis XVI, p. 450—475, 1942.
- (8) *Gelei, J., Szabados, M.*: Tömegprodukció városi esővízpocsolyában. Annal. Biol. Univ. Szegediensis I, p. 249—294, 1950.
- (9) *Gessner, F.*: Hydrobotanik. Berlin pp. 517, 1955.
- (10) *Halászat* c. folyóiratban szerző nélkül: Tóvirágzás 1680-ban. Halászat XVI, p. 155, 1915.
- (11) *Hortobágyi, T.*: Az algák korszerű rendszertani és coenológiai vizsgálata. Annal. Biol. Univ. Hung. II, p. 227—234, 1952.
- (12) *Huber-Pestalozzi, G.*: Das Phytoplankton des Süßwassers I, pp. 342, 1938.
- (13) *Jablonovsky, J.*: Linné Károly, mint halász. Halászat XVI, p. 126—129, 1915.
- (14) *Kiss, I.*: Békés vármegye szikes vizeinek mikrovegetációja. I. Orosháza és környéke. Fol. Crypt. IV, p. 217—266, 1938.
- (15) *Kiss, I.*: Bioklimatológiai megfigyelések az Eudorina elegans vízvirágzásában. Acta Botanica Szeged I, p. 81—94, 1942.
- (16) *Kiss, I.*: Adatok Kőszeg környékének algavegetációjához. Dunántúli Szemle IX, p. 287—296, 1942.
- (17) *Kiss, I.*: Meteorobiológiai vizsgálatok a mikroszervezetek víz- és hóvirágzásában. MTA Biol. és Agrártud. Oszt. Közl. II, p. 53—100, 1951.
- (18) *Kiss, I.*: Meteorobiológiai eszközök vizsgálata mikroorganizmusok vizivajuscsih cvetenije vódi i sznaga. Acta Biol. III, p. 159—220, 1952.
- (19) *Kiss, I.*: Tovább élő plazmarészecskék képződése a Scenedesmus sejtek hyperfragmentációs szétesése révén. Annal. Biol. Univ. Hung. II, p. 429—440, 1954.
- (20) *Kiss, I.*: Meteorobiológiai vizsgálatok növényi mikroszervezeteken. Hidrológiai Közöny, 35, p. 343—352, 1955.
- (21) *Kiss, I.*: Egy Kirchneriella faj sejtjeinek nagymérvű fragmentációval történő szaporodásáról. Szegedi Ped. Főisk. Évkönyve I, p. 117—132, 1956.

- (22) Kol, E.: Sárga »vízvirágzás« székes tavon. M. Biol. Kut. Int. I. Oszt. Munk. IV, p. 1—8, 1931.
- (23) Kol, E.: A vácrátóti park zöldszínű jegéről. Borbásia IX, p. 116—117, 1949.
- (24) Korsikov, A.: On some new organismus from the groupe Volvocales and Protococcales and on the genetic relations of these groups. Arch. f. Protistenkunde 55, p. 439—503, 1926.
- (25) Lasztozskin, A.: Archivements on Sovjet Hydrobiology of continental taers. Ecology 26, p. 320—331, 1945.
- (26) Lenz, F.: Einführung in die Biologie der Süßwasserseen Berlin, pp. 221, 1928.
- (27) Maucha, R.: A vízi élettér biológiai egyensúlya. M. Biol. Kut. Int. I. Oszt. Munk. XIV, p. 192—227, 1942.
- (28) Maucha, R.: Das Gleichgewicht des limnischen Lebensraumes. Arch. f. Hydrobiologie XXXIX, p. 24—62, 1942.
- (29) Messikommer, E.: Eine Planktoninvasionen im Pfäffikersee. Wetter u. Leben 1, p. 64, 1948.
- (30) Naumann, E.: Beiträge zur Kenntnis des Teichnannoplanktons. II. Über das Neuston des Süßwassers. Biol. Zentralbl. XXXVII, p. 98—106, 1917.
- (31) Náday, L.: A belvizek megszínese. Term. Tud. Közl. 1913. évf. p. 101—102, 1913.
- (32) Pascher, A.: Volvocales-Phytomonadinae. In Pascher' s Süßwasserflora 4, pp. 506, 1927.
- (33) Plüneck, O.: Beiträge zur Ernährungsphysiologie der Volvocalen, Gonium pectorale als Wasserblüte. BDBG XXXII, p. 131—136, 1914.
- (34) Rapaics, R.: A növények társadalma. Élet és Tud. (Athenaeum) pp. 303. 1925.
- (35) Reinau u. Kertscher: Die Umwandlungen der Sonnenenergie, des Wassers und Kohlenstoffes in der Landwirtschaft. Wiss. Veröff. d. Siem. Konz. 1925.
- (36) Schubert, O.: Ein altes Buch über Teichwirtschaft. Oesterreichische Fischerei-Zeitung XII, p. 93—94, és 102—103, 1915.
- (37) Sebestyén, O.: »Vízvirágzás« a Balatonon ? M. Biol. Kut. Int. Munk. VII, p. 205—208, 1934.
- (38) Sebestyén, O.: A X. Nemzetközi Limnológiai Kongresszus. Hidrol. Közl. p. 2—6, 1949.
- (39) Szabados, M.: Euglena vizgálatok, Acta Biologica Szeged IV, p. 49—59, 1936.
- (40) Tangl, H., Machay, L.: Édesvízi algák tömegtenyészteti: a jövő nemzedék táplálékforrása. Term. Tud. Közl. I, (LXXXVIII), p. 307—314, 1957.
- (41) Uherkovich, G.: Alaki megváltozások mesterségesen befolyásolt tenyészkörül-mények között nevelődő Scenedesmusokon. Pécsi Ped. Főisk. Évkönyve, I, p. 217—225, 1956.
- (42) Vischer, V.: Über die Goldalge (Chromophyton Rosanoffii Voronin). Ber. d. Schweiz. Bot. Ges. 53, p. 91—101. 1943.
- (43) Voronyin, M.: Chromophyton Rosanoffii. Bot. Zeitg. 38, p. 625, 1880.
- (44) Warburg, O.: Über die Geschwindigkeit der photochemischen Kohlensäure Zersetzung in lebenden Zellen. Bioch. Zschr. 100, 1919.
- (45) Zsagyin, B. J.: Zsiny prjesznüh vod SzSzsZR I—II, 1949—50.

СОЕДИНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МАССОВОЙ, ПРОДУКЦИИ ЦВЕТЕНИЯ ВОДЫ РАСТИТЕЛЬНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ

И. Кцшш

А) Воявление цветений воды не только сегодня, но уже в старое время могло причинять катастрофы. Известное самым старым данное происходит с 1680-го года. Stäntzl de Cronfels в своей тогда опубликованной работе вспоминает и о цветении воды в связи с летней гибелью рыб. Легенда о становлении «в кровь» воды Нила свидетельствует о том, что явление цветения воды уже в древности было известно и часто.

Б) Планктотенные растительные микроорганизмы в последнее время становятся значительными уже с точки зрения практики. В водяном жизненном пространстве они образуют первое зено в «питательной цепи», и сегодня уже сделаются успешные

попытки по их массовому производству. Большая способность к использованию света альг может служить основой производства вида «крупной промышленности» органического вещества. В природе находятся еще бесчисленные разновидности организмов большой продуктивности, вставка которых в массовое производство может приводить к ещё большим успехам.

В) В ряде своих исследований с 1930-го года я наблюдал и рассматривал свыше 400 цветений воды, много цветений снега и почвы. О создающих цветения воды видах я пытаюсь дать соединительную картину на основании литературных данных и своих исследований. Мои исследования относятся к меньшим эутрофным водам. Рассматриваю нужных к оформлению цветения воды, создающие виды и ценологические условия, пространственное поселение и количественные условия, далее соображения об условиях образования цветений воды.

Внезапно, «взрывом» создающиеся цветения воды *Euglena viridis*, *Chlamydomonas* и т. п.) могут через 1—2 дня полно развиться, в то же время как организмы медленно создающихся (*Chlorella*, *Scenedesmus*, *Oocystis*, *Ankistrodesmus*) размножаются только через одну или несколько недели. Внезапно создающиеся цветения воды в большинстве случаев могут окрашивать воду через непродолжительное время. (1—2 недели), а медленно создающие более длительное время. (Несколько месяцев) Вегетационное окрашивание очень длительного жизни я находил дважды до сих пор. Оба длились свыше года. Цветения воды могут образовывать один или больше видов. Создаваемые размножением единственного вида цветения воды появляются, как правило, внезапно, как брожение, «взрывом» и в большинстве случаев также внезапно исчезают через 1—2 недели. Такими являются цветения воды *Euglena viridis*, *E. polymorpha*, *Aphanizomenon flos aquae*, *Microcystis aeruginosa*, *Anabaena flos aquae*, *Chlamydomonas*, *Eudorina*, *Volvox*. Но внезапное появление синих альг вызывает не столь быстрое размножение, как прорыв на поверхность уже присутствующих масс альги. Молодые особи *Euglena viridis* являются веретеновидными и в них лентообразные хлоропласты расположены как звезды. Маленькие парамиллы расположены в центральном положении. (табл. I. карт. 1.) В устаревшем состоянии (табл. I. карт. 2.) хлоропласты раздробляются и заполняют всю клетку. Тогда организмы являются уже меньше светочувствительными. *Euglena polymorpha* часто вызывает огромное нейстоновое явление. (табл. I. карт. 3.) Я наблюдал и самостоятельное цветение воды *Phacus trypanon* (табл. III. карт. 3—4.) Одним из самых частых самостоятельных создателей цветения воды оказалось в альфёльдских маленьких водах *Chlamydomonas intermedia*. Первая картина второй таблицы изображает молодое, вторая картина старое цветение воды. В последнем случае клетки являются уже гранульными. Картина 1. таблицы III. показывает клеточное деление, и 2. состояние после соединения гамет. Самостоятельное цветение воды образовали и *Ankistrodesmus convolutus* и *A. Braunii* (?). Клетки первого (карт 1. табл. IV.) залегали в галлертовое вещество и так соединились в меньшие группы. В середине клеток *Ankistrodesmus Braunii* (?) как правило, виднеется продольное светлое поле. (карт. 3. табл. IV.) Картина 2. таблицы IV. изображает группу клеток, разведенную на Кноп-агаре. Клетки более короткие и в результате их деления возникают спирально витые клетки, которые подобны к *Ankistrodesmus spiralis*. В цветениях воды вид может оказать большую форменную изменчивость. Микрофото 1. табл. V. сделано по самостоятельному цветению воды *Kirchneriella lunaris*. Сильно покрывленные, подковообразные клетки связывают переходные формы со слегка пригнутыми, или уже почти прямыми дактилококкондными формами. Микрофото 2. табл. V. показывает форменную изменчивость, обнаруженную при самостоятельном цветении воды *Oocystis Marssonii*.

В цветениях воды, созданных несколькими видами, наблюдается, что виды находятся в *взаимоотношении* друг с другом. Развитию друг друга они способствуют или препятствуют. Это явление основано на влиянии стимулирующих или препятствующих веществ. *Пространственное поселение биосестона* имеет две главных формы: *планктонное* и *нейстоновое* состояние. Нейстон в длительности своей жизни может претерпеть количественные и качественные изменения. На основе этого я различал молодое и устаревшее состояние, далее особыми структурными состояниями пеннистую и пузырчатую нейстоновую кору. *Eudorina elegans* тоже оказалось характерным нейстоновым организмом. Картина 1. табл. VI. показывает начало развития.

колони, картина 2. развитую колонию, картина 3. начало образования нейстона, а картина 4. отрывок устарелой нейстоновой коры. В образовании нейстона играют роль коллоидные вещества, которые под влиянием катионов более высокой валентности коагулируются быстро, далее префронтальное атмосферное состояние изменения погоды, способствующее коагуляции коллоидов нейстон не является в каждом случае состоянием размножения. Внешние условия вынуждают быстрый процесс развития, отдельные организмы разделяются, а другие только постареют (например во многих случаях *Eudorina elegans*), потом погибают. В венгерском тексте я показываю некоторые характерные данные из количественных исследований.

Также в венгерском тексте я подытоживал важнейшие литературные данные по условиям образования цветений воды. По моему мнению, эти условия являются отчасти внутренними обстановками (ритмичность развития, смена безмятежных и вегетационных периодов, отношение полового и вегетативного размножения), отчасти внешними экологическими факторами (химический состав воды, присутствие питательных веществ, стимуляторы, факторы погоды, атмосферные положения, которые могут быть определены при помощи синоптической метеорологии).

ZUSAMMENFASSENDE UNTERSUCHUNG DER WASSERBLÜTE HERVORRUFENDEN MASSENPRODUKTION PFLANZLICHER MIKROORGANISMEN

Von

I. KISS

A) Das Auftreten der Wasserblüte kann nicht nur heutzutage Katastrophen verursachen, schon vor alten Zeiten ist das vorgekommen. Die ältesten uns bekannten wissenschaftlichen Daten stammen von Stäntzl de Cronfels aus dem Jahre 1680. In seiner damals erschienenen Arbeit erwähnt er die Wasserblüte im Zusammenhange mit dem massenhaften Verenden der Fische. Die Legende, dass sich das Nilwasser in »Blut« verwandeln konnte, bezeugt auch, dass die Wasserblüte im Altertum schon bekannt war und häufig vorkam.

B) Die planktonbildenden pflanzlichen Mikroorganismen besitzen in neuerer Zeit auch schon praktischen Wert. In der Kette der »Nahrungsmittel« im Wasser-Lebensraum bilden sie das erste Glied, und es werden heute bereits erfolgreiche Versuche gemacht, sie in Massen zu züchten. Die stark entwickelte Fähigkeit der Algen, das Licht in grossem Masse auszunützen, kann die Grundlage der »gross-industriellen« Produktion des organischen Stoffes werden. In der Natur gibt es noch viele sehr grosse Produktivität aufweisende Organismen, deren Einbeziehen in die Massenproduktion noch grössere Erfolge verheisst.

C) Im Laufe der Zeit habe ich seit 1930 400 Wasserblüten, zahlreiche Schneeb Blüten und Bodenblüten beobachtet, resp. untersucht. Ich habe hier den Versuch gemacht, auf Grund der in der Literatur publizierten Daten und meiner eigenen Untersuchungen ein zusammenfassendes Bild der Wasserblüte bildenden Arten zu geben. Meine Untersuchungen beziehen sich auf die kleineren eutrophen Gewässer. Ich untersuche die Entwicklung der Wasserblüte erforderliche Zeitdauer und die Lebensdauer der Wasserblüte, die vorkommenden Arten und die coenologischen Verhältnisse, die räumliche Ansiedlung des Bioestons und dessen quantitative Verhältnisse, sowie die auf die Bedingungen der Entstehung der Wasserblüte bezüglichen Auffassungen.

Die rasch, »explosionsartig« entstehenden Wasserblüten (*Euglena viridis*, *Chlamydomonas* usw.) können sich binnen 1—2 Tagen vollständig entwickeln, wogegen die Arten der sich langsamer ausbildenden Wasserblüte (*Chlorella*, *Scenedesmus*, *Oocystis*, *Ankistrodesmus*) sich erst im Verlauf von 1—2 Wochen entsprechend vermehren. Die sich rasch entwickelnden Wasserblüten färben das Wasser meistens nur für kürzere Zeit (1—2 Wochen), während bei den sich langsamer entwickelnden die Färbung auch längere Zeit (mehrere Monate hindurch) andauern kann. Sehr lange andauernde vegetative Färbung des Wassers habe ich bisher in zwei Fällen beobachtet. In beiden Fällen dauerte sie länger als ein Jahr.

Die Wasserblüte kann aus nur einer Art oder aus mehreren Arten bestehen. Die durch die Vermehrung nur einer Art entstandenen Wasserblüten erscheinen in der Regel plötzlich, tumult- oder »explosionsartig« und verschwinden meist nach 1—2 Wochen ebenso plötzlich. Solche sind die Wasserblüten von *Euglena viridis*, *Euglena polymorpha*, *Aphanizomenon flos aquae*, *Microcystis aeruginosa*, *Anabaena flos aquae*, *Chlamydomonas*, *Eudorina* und *Volvox*. Das plötzliche Erscheinen der Blaualgen geschieht aber weniger infolge rascher Vermehrung, sondern eher dadurch, dass die schon vorhandenen Algenmassen sich zur Oberfläche des Wassers erheben. Die jungen Individuen der *Euglena viridis* sind spindelförmig, die bandförmigen Chloroplasten sind in Sternform angeordnet. Die winzigen Paramylen nehmen eine zentrale Lage ein (Taf. I, Abb. 1.). In veraltetem Zustand (Taf. I, Abb. 2) teilen sich die Chloroplasten, die grossen Paramylen erfüllen die ganze Zelle. Die Organismen sind in diesem Zustand schon weniger lichtempfindlich. *Euglena polymorpha* ruft oft gewaltige Neustonerscheinungen hervor (Taf. I, Abb. 3). Ich habe auch eine selbständige Wasserblüte von *Phacus trypanon* beobachtet (Taf. III, Abb. 3—4). Ich habe gefunden, dass in den kleinen Gewässern der Tiefebene am häufigsten *Chlamydomonas intermedia* selbständige Wasserblüte entwickelt. Auf Taf. II. zeigt Abb. 1 eine junge, Abb. 2 eine alte Wasserblüte. In letzterem Falle sind die Zellen schon granulös. Taf. III, Abb. 1 zeigt die Zellteilung, Abb. 2 den Zustand nach der Vereinigung der Gameten. Auch *Ankistrodesmus convolutus* und *Ankistrodesmus Braunii* (?) bildeten selbständige Wasserblüte. Die Zellen von *A. convolutus* (Taf. IV, Abb. 1) waren in eine Gallertmasse eingebettet und vereinigten sich so zu kleineren Gruppen. In der Mitte der Zellen von *A. Braunii* (?) ist gewöhnlich ein Längsstreifen als lichter Feld zu sehen (Taf. IV, Abb. 3). Taf. IV, Abb. 2 zeigt eine auf Knop-Agar gezüchtete Zellengruppe. Die Zellen sind kürzer, bei der Teilung ergeben sich spiral gedrehte Zellen, die denen von *Ankistrodesmus spiralis* ähnlich sehen. Bei Wasserblüten zeigen die Arten grosse Variabilität der Form. Das Mikrophoto (Taf. V, Abb. 1) der *Kirchneriella lunaris* stammt von einer selbständigen Wasserblüte. Von den stark gebogenen, hufeisenförmigen Zellen bis zu den ganz schwach gebogenen, beinahe schon ganz geraden dactylococcoiden Formen gibt es zahlreiche Übergangsformen. Taf. V, Abb. 2 zeigt die bei der selbständigen Wasserblüte von *Oocystis Marssonii* beobachtete Formvariabilität.

Bei den durch mehrere Arten gebildeten Wasserblüten kann man eine Wechselwirkung zwischen den Arten beobachten. Entweder begünstigen oder hindern sie die Entwicklung der anderen Art. Diese Erscheinung ist auf die Ausscheidung von stimulierenden oder hindernden Stoffen zurückzuführen. Die räumliche Ansiedlung des Neustons hat zwei Hauptformen: den Plankton- und den Neustonzustand. Das Neuston kann während seiner Lebensdauer quantitativen und qualitativen Veränderungen unterworfen sein. Auf Grund dessen habe ich einen jungen und einen veralterten Zustand unterschieden, ferner als speziellen strukturellen Zustand die schaumige und die blasige Neustonrinde. Auch *Eudorina elegans* erwies sich als charakteristischer Neuston-Organismus. Taf. VI, Abb. 1 zeigt den Beginn der Entwicklung der Kolonie, Abb. 2. die entwickelte Kolonie, Abb. 3 den Anfang der Neustonbildung, Abb. 4 einen Teil der veralterten Neustonrinde. Bei der Entwicklung des Neuston spielen die kolloidalen Stoffe, welche unter der Einwirkung der Kationen von höherem chemischen Wert rasch koagulieren, ferner die präfrontalen atmosphärischen Verhältnisse der Witterungsänderung (vor einem Regen), welche die Koagulation der Kolloiden ebenfalls beschleunigen, eine Rolle. Neuston ist nicht in jedem Falle ein Zustand der Vermehrung. Die extremen Verhältnisse erzwingen einen raschen Entwicklungsprozess. Ein Teil der Organismen teilt sich, der andere veraltet nur (z. B. *Eudorina elegans* in sehr vielen Fällen) und geht zugrunde. Im ungarischen Text bringe ich einige charakteristischere Daten aus den quantitativen Untersuchungen.

Im ungarischen Text habe ich auch die auf die Bedingungen der Entwicklung der Wasserblüte bezüglichen wichtigeren literarischen Daten zusammengefasst. So wie ich es sehe, sind die Bedingungen zum Teil innere Gegebenheiten (Entwicklungsrhythmus, Abwechslung der Ruhe- und Entwicklungsperioden, das Verhältnis der geschlechtlichen und ungeschlechtlichen Vermehrung), teils äussere, durch die Umgebung bedingte Gegebenheiten (chemische Beschaffenheit des Wassers, Gegenwart von Nährsubstanzen, stimulierenden Stoffen, Witterungsfaktoren, atmosphärische Lagen, welche mit Hilfe der synoptischen Meteorologie determiniert werden können).